



TUGAS AKHIR - RC141501

**MODIFIKASI PERENCANAAN HOTEL FAVE
KETINTANG SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN SISTEM STRUKTUR
CONCENTRICALLY BASED FRAME DAN
*STEEL SLIT DAMPER***

**SANTI NURAINI
NRP 3113 106 048**

**Dosen Pembimbing
ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**



TUGAS AKHIR - RC141501

**MODIFIKASI PERENCANAAN HOTEL FAVE
KETINTANG SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN SISTEM STRUKTUR
CONCENTRICALLY BASED FRAME DAN
*STEEL SLIT DAMPER***

**SANTI NURAINI
NRP 3113 106 048**

**Dosen Pembimbing
ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**



FINAL PROJECT - RC141501

PLANNING MODIFICATION OF HOTEL FAVE KETINTANG SURABAYA BY USING STRUCTURE SYSTEM WITH CONCENTRICALLY BASED FRAME AND STEEL SLIT DAMPER

SANTI NURAINI
NRP 3113 106 048

Major Supervisor
ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D

CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016



FINAL PROJECT - RC141501

**PLANNING MODIFICATION OF HOTEL FAVE
KETINTANG SURABAYA BY USING
STRUCTURE SYSTEM WITH
CONCENTRICALLY BASED FRAME AND
STEEL SLIT DAMPER**

**SANTI NURAINI
NRP 3113 106 048**

**Major Supervisor
ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D**

**CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute
Surabaya 2016**

LEMBAR PENGESAHAN

MODIFIKASI PERENCANAAN HOTEL FAVE KETINTANG SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM STRUKTUR *CONCENTRICALLY BRACED* *FRAME* DAN *STEEL SLIT DAMPER*

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

SANTI NURAINI
NRP. 3113 106 048

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

Endah Wahyuni, ST., M.Sc., Ph.D
NIP : 19700201199512201



SURABAYA
JANUARI, 2016

**MODIFIKASI PERENCANAAN HOTEL FAVE
KETINTANG SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN SISTEM STRUKTUR
CONCENTRICALLY BRACED FRAME DAN *STEEL
SLIT DAMPER***

Nama Mahasiswa : Santi Nuraini

NRP : 3113 106 048

Dosen Konsultasi : Endah Wahyuni, S.T, M.Sc, Ph.D

ABSTRAK

Salah satu alat kontrol pasif pada struktur yang berdasarkan penggunaan material bercelah untuk mengurangi getas adalah *Steel Slit Damper* (Peredam Celah). Alat ini dapat dipasang pada bermacam-macam struktur: gedung bertingkat tinggi, menara, bentangan yang panjang, dan jembatan. Tujuan utama pemasangan *Steel Slit Damper* pada gedung tinggi untuk mengurangi goyangan gedung akibat angin, pada menara untuk mengurangi goyangan akibat gempa bumi dan angin, pada struktur berbentuk panjang untuk mengurangi getaran akibat lalu lintas, dan pada jembatan untuk mengurangi goyangan akibat angin atau getaran akibat lalu lintas (Lisa, 2012). Dengan adanya penelitian-penelitian sebelumnya mengenai *Steel Slit Damper* perlu adanya perencanaan pada bangunan gedung bertingkat dengan menggunakan *Steel Slit Damper* sehingga dapat diketahui bagaimana perilaku struktur yang terjadi jika diaplikasikan pada sebuah bangunan gedung dan tidak hanya ditinjau pada portal bertingkat saja.

Telah dilakukan perhitungan modifikasi perencanaan struktur bangunan Fave Hotel Ketintang Surabaya menggunakan sistem (*Concentrically Braced Frames*) dengan menggunakan *Steel Slit Damper*. Perhitungan struktur yang dilakukan mengacu

pada SNI 03-1729-2002 “Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, Badan Standarisasi Nasional”, SNI 03-1726-2012 “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah dan Gedung”, SNI 1727-2013 “Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain”. Pemodelan dan analisis struktur dilakukan dengan program bantu SAP 2000.

Dari analisa dan hasil perhitungan diperoleh hasil, yaitu: tebal pelat atap dan lantai 9 cm, dimensi balok induk lantai ada 3 macam yaitu WF500.300.11.15, WF500.200.10.16 dan WF300.150.5.5.8, dimensi balok induk atap ada 3 macam yaitu WF500.200.10.16, WF450.300.10.15 dan WF250.125.6.9, dimensi kolom lantai 1-6 KC800.450.16.38, dimensi kolom lantai 7-12 KC588.300.12.20, dimensi bracing terdiri dari bracing dengan portal 3,4 m menggunakan WF200.150.6.9 dan portal 7 m menggunakan WF200.200.8.12, dimensi SSD WF350.350.14.22, base plate menggunakan fixed plate BMK-17 dari katalog PT.Gunung Garuda. Sambungan struktur utama direncanakan sebagai sambungan kaku dengan baut fub 825 Mpa. Perencanaan pondasi menggunakan tiang pancang beton pracetak diameter 50 cm dengan kedalaman 14 m. Sloof ukuran 40 cm x 60 cm dengan tulangan utama 8D22 dan tulangan geser Ø12-300.

Kata kunci : Steel Slit Damper, Concentrically Braced Frame, Struktur Baja

PLANNING MODIFICATION OF HOTEL FAVE KETINTANG SURABAYA BY USING STRUCTURE SYSTEM WITH *CONCENTRICALLY BRACED FRAME* AND *STEEL SLIT DAMPER*

Nama Mahasiswa : Santi Nuraini

NRP : 3113 106 048

Dosen Konsultasi : Endah Wahyuni, S.T, M.Sc, Ph.D

ABSTRACT

One of the tools in the passive control structure, which is based on the use of slotted to reduce the brittle material, is Steel Slit Damper (Silencer Gap). This tool can be mounted on various structures such as, a high-rise building, a tower, a long stretch, and bridges. The main purpose in installing Steel Slit Damper on high buildings is to reduce the sway of the building due to the wind. On the tower, it will reduce the oscillation due to earthquake and wind. On the other hands, installing it on the long span structure will reduce vibration caused by traffic, as in the bridge, I can reduce wobble due to wind or vibrations due to last cross (Lisa, 2012). Having previous studies about Steel Slit, it needs development planning on a storey buildings by using Slit Steel Damper, therefore, we can seen how is the behavior of structures that occur when we apply it to a non-storey building and not only review on the storied portal.

The calculation on the structural design modification building of Ketintang Fave Hotel Surabaya (Concentrically Braced Frames), has been done by using Slit Steel Damper. Structure calculations are referred to the SNI 03-1729-2002 "Planning Procedures For Building Steel Structure, National Standardization Agency", SNI 03-1726-2012 "Resisting Planning Standard from Earthquake for building structure", SNI 1727-2013 "Minimum load for Designing Buildings and Other

structures ". Modeling and structural analysis performed by the auxiliary program SAP 2000.

From the analyzing and calculating, the results obtained are: the roof and floor slab with thickness of 9 cm; the dimensions of the floor beam there are 3 kinds WF500.300.11.15, WF500.200.10.16 and WF300.150.5,5.8; the dimensions of the roof beam there are 3 kinds WF500.200.10.16; WF450.300.10.15 and WF250.125.6.9, column dimensions KC800.450.16.38 floors 1-6, 7-12 floor KC588.300.12.20 column dimensions; dimension bracing WF200.150.6 .9 and WF200.200.8.12; dimensions SSD WF350.350.14.22,; and a base plate using a fixed plate BMK-17 from the catalog PT. Gunung Garuda. Splicing the main structure is planned as a rigid connection with bolt f_u^b 825 Mpa. Foundation design using precast concrete pile with diameter of 50 cm and a depth of 14 m. it also has Sloof with size of 40 cm x 60 cm with the main reinforcement and shear reinforcement Ø12-300 8D22.

Keywords: Steel Slit Damper, Concentrically Braced Frame, Steel Structure

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Modifikasi Perencanaan Hotel Fave Ketintang Surabaya Dengan Menggunakan Sistem Struktur *Concentrically Braced Frame* dan *Steel Slit Damper*”.

Penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Orang tua dan kakak- adik dari penulis, yang telah memberikan doa, kasih sayang dan dukungan baik moril maupun materil.
2. Tri Joko Wahyu, ST., MT., PhD selaku ketua jursan teknik sipil.
3. Endah Wahyuni, ST., M.Sc., Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Budi Suswanto, ST. MT.Phd, Data Iranata, ST.MT.Phd, Ir. Isdarmanu, M.Sc dan Ir. Soewardoyo, M.Sc. selaku dosen penguji yang telah banyak memberikan masukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA selaku dosen wali penulis yang telah banyak memberi bimbingan dan arahan selama penulis menjadi mahasiswa perkuliahan di Lintas Jalur S-1.
6. Seluruh dosen pengajar Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS, terima kasih atas ilmu yang telah diberikan.
7. Seluruh staff dan karyawan Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.
8. Angga Ahmad Maulana yang telah memberikan doa, semangat, dan dukungan dan juga pengertiannya kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini dengan cepat.

9. Teman-teman seperjuangan dari Polban 2010 yang sudah banyak memberikan semangat, doa dan arahan kepada penulis.
10. Teman-teman seperjuangan Lintas Jalur S-1 angkatan 2014, dan semua rekan mahasiswa Teknik Sipil ITS lainnya.
11. Sahabat seperjuangan Kuni Sofiatan dan Irma Suriyani.
12. Kakak-kakak kelas Lintas Jalur S-1 alumni Polban yang sudah banyak memberikan ilmu dan pengalaman serta arahan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis mengharapkan, semoga tugas akhir ini dapat memenuhi harapan dan bermanfaat bagi kita semua, khususnya mahasiswa Teknik Sipil.

Surabaya, Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penulisan	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Umum	7
2.2 Sistem Kontrol Pada Struktur	7
2.2.1 Metallic Yielding Damper	9
2.3 Struktur Rangka Baja	11
2.3.1 Moment Resisting Frame (MRF)	12
2.3.2 Concentrically Braced Frames (CBF)	13
2.3.3 Eccentrically Braced Frames (EBF)	14
2.4 Steel Slit Damper Pada Struktur CBF	16

2.5 Design Steel Slit Damper.....	17
2.6 Peran Damping Pada Getaran.....	21
2.7 Faktor Damping Terhadap Respons Spektrum Gempa	22

BAB 3 METODOLOGI25

3.1 Skema Penelitian	25
3.2 Studi Literatur dan Pengumpulan Data.....	26
3.2.1 Studi Literatur	26
3.2.2 Pengumpulan Data	26
3.3 Preliminary Design	27
3.4 Pembebanan	27
3.5 Perencanaan Gempa.....	29
3.6 Pemodelan Analisa Struktur	43
3.7 Analisa Struktur.....	43
3.8 Kontrol Struktur.....	43
3.9 Kontrol Desain.....	45
3.9.1 Kontrol Desain Penampang Balok.....	46
3.9.2 Kontrol Desain Penampang Kolom	50
3.10 Perencanaan <i>Link</i>	56
3.10.1 Kuat Elemen <i>Link</i>	56
3.10.2 Kekuatan (geser dan lentur) batas pada elemen link ditentukan dengan persamaan berikut:	56
3.10.3 Panjang Elemen <i>Link</i>	57
3.10.4 Sudut Rotasi <i>Link</i>	58
3.11 Perencanaan Sambungan	58

3.11.1 Sambungan Baut	58
3.11.2 Sambungan Las	61
3.12 Perencanaan Struktur Bawah	62
3.12.1 Perencanaan Pondasi	62
3.12.2 Perencanaan Poer	65
3.13 Perhitungan Sloof	68
3.13.1 Pondasi Sloof	68
3.13.2 Penulangan Lentur Sloof	68
3.13.3 Penulangan Geser Sloof	69
3.14 Penggambaran Hasil Perencanaan	69
BAB 4 PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER.....	71
4.1 Perencanaan Pelat Lantai	71
4.1.1 Perencanaan Pelat Lantai Atap	71
4.1.2 Perencanaan Pelat Lantai Hotel	74
4.2 Perencanaan Balok Anak	77
4.2.1 Perencanaan Balok Anak Atap	77
4.2.2 Perencanaan Balok Anak Lantai	81
4.3 Perencanaan Balok Penggantung Lift 2 <i>Car</i>	86
4.3.1 Spesifikasi Lift	86
4.3.2 Rencana Balok Penggantung Lift	87
4.3.3 Rencana Balok Penggantung Lift	94
4.4 Perencanaan Tangga Dan Bordes	98
4.4.1 Perencanaan Tangga	99
4.4.2 Perencanaan Pengaku Anak Tangga	101

4.4.3 Perencanaan Bordes	104
4.4.3.1 Pelat Bordes	104
4.4.3.2 Perencanaan Balok Bordes	105
4.4.4 Balok Utama Tangga	108
4.4.5 Balok Penumpu Tangga	116
BAB 5 PEMODELAN STRUKTUR.....	123
5.1 Pemodelan Struktur	123
5.2 Pembebanan Struktur Utama	124
5.2.1 Perhitungan Pembebanan	127
5.2.2 Kombinasi Pembebanan.....	128
5.3 Pembebanan Gempa Dinamis.....	128
5.3.1 Arah Pembebanan Gempa.....	129
5.3.2 Perhitungan Beban Gempa.....	129
5.3.2.1 Faktor Keutamaan (I)	129
5.3.2.2 Parameter Percepatan Tanah (S_s, S_1)	129
5.3.2.3 Menentukan Faktor Koefisien Situs (F_a, F_v)	129
5.3.2.4 Menentukan Percepatan Spektral Desain (S_{DS}, S_{D1})	130
5.3.2.5 Menentukan Kategori Desain Seismik	130
5.3.2.6 Menentukan Parameter R , C_d , dan Ω_0	130
5.3.2.7 Menentukan Model Respon Spektrum	130
5.3.2.8 Menghitung Periode Fundamental	134
5.3.2.9 Menentukan Koefisien Respon Spektrum	135
5.3.2.10 Menentukan Gaya Geser Dasar Seismik	136

5.3.2.11 Menghitung Distribusi Vertikal Beban Gempa	136
5.4 Analisis Struktur	137
5.4.1 Kontrol Partisipasi Massa	137
5.4.2 Kontrol Periode Getar Struktur	138
5.4.3 Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum	138
5.4.4 Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai (<i>drift</i>)	140
BAB 6 PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER.....	143
6.1 Perencanaan Elemen Struktur Primer	143
6.1.1 Link (<i>Damper</i>)	143
6.1.1.1 Link (<i>Damper</i>) arah Y	143
6.1.1.2 Link (<i>Damper</i>) arah X	145
6.1.2 Bresing	148
6.1.2.1 Bresing Arah Y	148
6.1.2.2 Bresing Arah X	150
6.1.3 Kolom.....	152
6.1.3.1 Kolom Lantai 1-6	153
6.1.3.2 Kolom Lantai 7-12	158
6.1.4 Balok Induk	163
6.1.4.1 Balok Induk Lantai Bentang 7 meter	163
6.1.4.2 Balok Induk Lantai Bentang 4 meter	166
6.1.4.3 Balok Induk Lantai Bentang 2 meter	168
6.1.4.4 Balok Induk Atap Bentang 7 meter	172
6.1.4.5 Balok Induk Atap Bentang 4 meter	175

6.1.4.6 Balok Induk Lantai Bentang 2 meter	177
6.2 Perencanaan Sambungan	181
6.2.1 Sambungan Balok Anak Lantai Dengan Balok Induk	181
6.2.2 Sambungan Balok Anak Atap Dengan Balok Induk	184
6.2.3 Sambungan Balok Utama Tangga Dengan Balok Penumpu Tangga.....	187
6.2.4 Sambungan Balok Penumpu Tangga Dengan Kolom.....	189
6.2.5 Sambungan Antar Kolom Lantai 1-6	192
6.2.6 Sambungan Antar Kolom Lantai 7-12	196
6.2.7 Sambungan Kolom Dengan Base Plate	200
6.2.8 Sambungan Balok Induk Lantai Hotel Dengan Kolom.....	206
6.2.9 Sambungan Balok Induk Atap Dengan Kolom	208
6.2.10 Sambungan <i>Steel Slit Damper</i>	211
6.2.11 Sambungan Batang BresingWF 200x200x8x12	214
6.2.11.1 Bresing WF 200x200x8x12 Dengan Kolom WF 800x450x16x38.....	214
6.2.11.2 Bresing WF 200x150x6x9 Dengan Kolom WF 588x300x12x20	217
6.2.12 Sambungan Kolom KC 800x450x16x38 Dengan KC 588x300x12x20	219
BAB 7.....	227

7.1 Perencanaan Pondasi	227
7.2 Daya Dukung Tanah	228
7.2.1 Tiang Pancang Tunggal	228
7.3 Perhitungan Pondasi Kolom	229
7.3.1 Daya Dukung Satu Tiang Pancang	229
7.3.2 Perhitungan Repartisi Beban Diatas Tiang Kelompok.....	231
7.3.3 Perencanaan Poer Pada Kolom	232
7.3.4 Kontrol Geser Pons	232
7.3.5 Penulangan Poer.....	236
7.4 Perencanaan Kolom Pedestal.....	240
7.5 Perhitungan Sloof Pondasi.....	242
7.5.1 Penulangan Lentur Sloof.....	243
BAB 8 PENUTUP	247
8.1 Kesimpulan	247
8.2 Saran	249
DAFTAR PUSTAKA	251



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Sketsa Gambar Fave Hotel Ketintang Surabaya.....	3
Gambar 2.1 <i>Steel Slit Damper</i>	9
Gambar 2.2 Pemasangan <i>Damper</i> di Struktur.....	10
Gambar 2.3 Pemasangan <i>Damper</i> di Lapangan.....	11
Gambar 2.4 Konfigurasi sistim portal berpengaku Isentrik.....	12
Gambar 2.5 Konfigurasi Sistem CBF.....	14
Gambar 2.6 Konfigurasi sistim portal berpengaku Isentrik.....	15
Gambar 2.7 Portal 1 lantai dengan menggunakan damper.....	16
Gambar 2.8 Desain geometris <i>Slit Damper</i>	18
Gambar 2.9 Desain Slit Steel Damper.....	20
Gambar 2.10 Desain Steel Slit damper Karavasilis dkk (2012) ...	21
Gambar 2.11 Getaran bebas dengan damping.....	22
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Perencanaan.....	25
Gambar 3.2 Koefisien risiko terpetakan, perioda respon spektral 0.2 detik.....	32
Gambar 3.3 Koefisien risiko terpetakan, perioda respon spektral 1 detik.....	32
Gambar 3.4 Ketentuan Penggambaran Grafik Respon Spektrum	42
Gambar 3.5 Penentuan Simpangan Antar Tingkat.....	45
Gambar 3.6 Pondasi Tiang Pancang Grup.....	64
Gambar 3.7 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Beban Aksial Tiang Pancang.....	67
Gambar 4.1 Denah Pelat Lantai Atap.....	71
Gambar 4.2 Denah Pelat Lantai Hotel.....	74
Gambar 4.3 Denah balok anak atap.....	77
Gambar 4.4 Denah Balok Anak Lantai.....	81
Gambar 4.5 <i>Lift</i>	86
Gambar 4.6 <i>Hoistway Section</i>	87
Gambar 4.7 Pembebanan Pada Balok Penggantung Lift.....	88
Gambar 4.8 Diagram Momen Balok Penggantung Lift.....	90
Gambar 4.9 <i>Lift</i>	93
Gambar 4.10 <i>Hoistway Section</i>	93
Gambar 4.11 Pembebanan Pada Balok Penggantung Lift.....	95

Gambar 4.12	Diagram Momen Balok Penggantung Lift.....	96
Gambar 4.13	Denah Tangga.....	99
Gambar 4.14	Pelat Anak Tangga.....	100
Gambar 4.15	Model Pembebanan Pelat Tangga	101
Gambar 4.16	Denah Bordes	104
Gambar 4.17	Model Pembebanan Balok Utama Tangga	110
Gambar 4.18	Bidang M Balok Tangga.....	111
Gambar 4.19	Bidang D Balok Tangga	112
Gambar 4.20	Bidang N Balok Tangga	113
Gambar 4.21	Analisa Lendutan Balok Utama Tangga.....	116
Gambar 4.22	Pembebanan Balok Penumpu Tangga	117
Gambar 4.23	Posisi M_A , M_B , M_C Balok Penumpu Tangga	119
Gambar 5.1	Denah Struktur Hotel Fave Ketintang Surabaya.....	123
Gambar 5.2	Pemodelan 3 Dimensi Struktur Hotel Fave Ketintang Surabaya	124
Gambar 5.3	Grafik Respon Spektrum dengan SSD	132
Gambar 6.1	Diagram Momen Balok Lantai Bentang 2 m.....	170
Gambar 6.2	Diagram Momen Balok Atap Bentang 2 m	179
Gambar 6.3	Sambungan Balok Anak Lantai Dengan Balok Induk	182
Gambar 6.4	Detail Pelat Siku Pada Gelagar.....	183
Gambar 6.5	Sambungan Balok Anak Atap Dengan Balok Induk	185
Gambar 6.6	Detail Pelat Siku Pada Gelagar.....	186
Gambar 6.7	Sambungan Balok Utama Tangga Dengan Balok Penumpu Tangga	187
Gambar 6.8	Detail Pelat Siku Pada Gelagar.....	189
Gambar 6.9	Sambungan Balok Penumpu Tangga Dengan Kolom	190
Gambar 6.10	Detail Pelat Siku Pada Gelagar Luas bidang geser	191
Gambar 6.11	Sambungan Kolom Dengan Kolom.....	195
Gambar 6.12	Sambungan Kolom Dengan Kolom.....	199
Gambar 6.13	Sambungan Kolom Dengan <i>Base Plate</i>	200
Gambar 6.14	Arah Beban Sumbu X Pada Base Plate	203

Gambar 6.15 Sambungan Balok Induk Lantai dan Kolom.....	208
Gambar 6.16 Sambungan Balok Induk Atap dan Kolom	211
Gambar 6.17 Sambungan <i>Steel Slit Damper</i>	212
Gambar 6.18 Sambungan Bresing Dengan Balok	215
Gambar 6.19 Sambungan Bresing Dengan Balok	217
Gambar 6.20Arah Beban Sumbu X Pada Pelat Landas.....	221
Gambar 6.21Sambungan Antar Kolom	225
Gambar 7.1 Denah Rencana Pondasi	227
Gambar 7.2 Pondasi Tiang Pancang.....	230
Gambar 7.3Geser Ponds Akibat Kolom	233
Gambar 7.4Geser Ponds Akibat Tiang Pancang	235
Gambar 7.5Analisa Poer sebagai Balok Kantilever	237
Gambar 7.6Pembebanan Poer Kolom Tipe I (Arah Sumbu X).....	237
Gambar 7.7Pembebanan Poer Kolom Tipe I (Arah Sumbu Y).....	239
Gambar 7.8Hasil Analisis Kolom Pedestal dengan Program PCA Col.	241
Gambar 7.9Penulangan Kolom Pedestal	242
Gambar 7.10Penampang Sloof 400 x 600	246



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1Spesimen uji <i>Steel Slit Damper</i> oleh Chan dan Albermani(2008).	18
Tabel 2.2Hasil uji laboratorium oleh Chan dan Albermani (2008).	19
Tabel 2.3Spesimen uji Steel Slit Damper oleh Ohh dkk (2009)..	20
Tabel 2.4Spesimen uji steel slit damper oleh Karavasilis dkk (2012)	21
Tabel 2.5Faktor damping FEMA NEHRP 2000.	23
Tabel 2.6Faktor damping Ramirez dkk (2000).	23
Tabel 3.1Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa	29
Tabel 3.2Faktor Keutamaan Gempa.....	31
Tabel 3.3Klasifikasi Situs.....	33
Tabel 3.4Koefisien Situs Fa	34
Tabel 3.5Koefisien Situs Fv	35
Tabel 3.6Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek	35
Tabel 3.7Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 Detik	36
Tabel 3.8Faktor R, Cd dan Ω_0 Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa	37
Tabel 3.9Prosedur Analisis Yang Diizinkan	37
Tabel 3.10Nilai Koefisien Waktu Getar Perkiraan C_1 Dan α (SNI-1726-2012 Tabel 15)	39
Tabel 3.11Koefisien Untuk Batas Atas Periode Hasil Perhitungan (SNI-1726-2012 Tabel 14)	39
Tabel 3.12Simpangan Antar Tingkat Izin (SNI-1726-2012Tabel 16).....	45
Tabel 3.13Pemilihan untuk Penggunaan Bab Pasal F SNI 1729:2015 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.	47
Tabel 3.14Tebal Efektif.....	62
Tabel 4.1Rekap Perhitungan Pelat Atap.....	72

Tabel 4.2Rekap Perhitungan Pelat Lantai	75
Tabel 4.3Rekap Dimensi Balok Anak Atap	81
Tabel 4.4Rekap Dimensi Balok Anak Lantai Hotel	85
Tabel 5.1Tabel Perhitungan N Rata-Rata	126
Tabel 5.2Perhitungan Beban Mati Atap	127
Tabel 5.3Perhitungan Beban Mati Lantai	127
Tabel 5.4Nilai Periode Fundamental Struktur (T)	133
Tabel 5.5Perhitungan Distribusi Vertikal Gaya Gempa	137
Tabel 5.6Rasio Partisipasi Massa Struktur	138
Tabel 5.7Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa	139
Tabel 5.8Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa	140
Tabel 5.9Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa Arah Y	141
Tabel 5.10Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa Arah X	142
Tabel 6.1 Rekap Balok Induk Lantai	172
Tabel 6.2 Rekap Balok Induk Atap	181
Tabel 6.3 Dimensi Balok Induk Lantai dan Balok Anak Lantai	181
Tabel 6.4 Dimensi Balok Induk Atap dan Balok Anak Atap	184
Tabel 7.1Hasil Analisis SAP 2000 Untuk Kolom	231

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pendahuluan

Struktur gedung bertingkat tinggi sering dibuat relatif ringan dan fleksibel sehingga memiliki redaman cukup rendah dan mengakibatkan struktur lebih rentan terhadap getaran. Getaran tersebut dapat timbul karena adanya suatu gerakan tiba-tiba atau suatu rentetan gerakan tiba-tiba dari tanah dan bersifat transien yang berasal dari suatu daerah terbatas dan menyebar dari titik tersebut ke segala arah (Zein 2010). Oleh karena itu, digunakan konsep bangunan tahan gempa yang pada dasarnya adalah membuat seluruh elemen rumah menjadi satu kesatuan yang utuh dan tidak lepas atau runtuh akibat beban gempa. Penerapan konsep tahan gempa antara lain dengan cara membuat sambungan yang cukup kuat di antara berbagai elemen tersebut serta pemilihan material dan pelaksanaan yang tepat. Beban-beban yang bekerja pada struktur tersebut, di antaranya adalah beban gravitasional dan beban lateral. Beban gravitasi adalah beban mati struktur dan beban hidup, sedangkan yang termasuk beban lateral adalah beban angin dan beban gempa (Suari, 2012).

Beberapa dekade belakangan ini muncul upaya untuk mengatasi kerusakan- kerusakan yang terjadi pada struktur dengan menambahkan alat tambahan ke struktur untuk membatasi energi atau mendispasi energi gempa yang masuk ke bangunan. Alat- alat tersebut disebut *seismic devices* yang pada umumnya dibagi menjadi 2 jenis yaitu *active seismic device* dan *passive seismic device* (Mahadianto, 2008). Kontrol aktif memerlukan arus listrik untuk operasialat dan menghasilkan gaya kontrol, sedangkan kontrol pasif menggunakan energi potensial yang bangkit kan oleh respon struktur untuk menghasilkan gaya kontrol. Kelebihan kontrol aktif adalah karakteristik dinamik struktur dapat beradaptasi dengan beban dinamis yang timbul, sedangkan kelebihan kontrol pasif adalah karena kesederhanaan

dalam desain, pemasangan, dan terutama pemeliharaannya (Tjong, 2003).

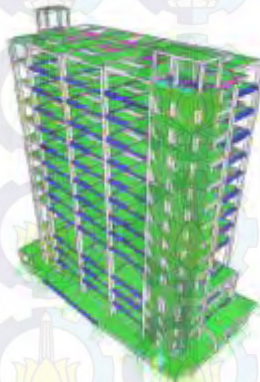
Salah satu alat kontrol pasif pada struktur yang berdasarkan penggunaan material bercelah untuk mengurangi getas adalah *Steel Slit Damper* (Peredam Celah). Alat ini dapat dipasang pada bermacam-macam struktur: gedung bertingkat tinggi, menara, bentangan yang panjang, dan jembatan. Tujuan utama pemasangan *Steel Slit Damper* pada gedung tinggi untuk mengurangi goyangan gedung akibat angin, pada menara untuk mengurangi goyangan akibat gempa bumi dan angin, pada struktur berbentuk panjang untuk mengurangi getaran akibat lalu lintas, dan pada jembatan untuk mengurangi goyangan akibat angin atau getaran akibat lalu lintas (Lisa, 2012). Damper biasanya dipasang diantara lantai tingkat untuk mengurangi perbedaan pergeseran lantai (*storey drift*), umumnya dipasang bergabung dengan *bracing* (Mahadianto, 2008).

Pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Lisa (2012) mengenai perbandingan antara portal baja konvensional, portal *bracing inverted-v*, dan portal *bracing inverted-v* yang diperkuat dengan *Steel Slit Damper* menunjukkan bahwa portal yang diperkuat dengan *Steel Slit Damper* memiliki nilai simpangan, daktilitas dan gaya dalam yang lebih kecil, namun masih memiliki beberapa kekurangan. Setelah itu dikembangkan kembali oleh Richard (2014) dan dilakukan beberapa modifikasi, antara lain faktor ketinggian portal dan letak pemasangan damper pada portal *bracing inverted-v* dan MRF dengan cara melihat performa bangunan terhadap gempa yang disebut *seismic performance level* dari suatu bangunan, yang terdiri atas periode getar, rasio gaya geser dasar maksimum terhadap gaya geser dasar lelehnya, daktilitas dan *performance level* struktur (Mufti, 2008). Prosedur dalam mendapatkan *seismic performance level* ini ditentukan dengan prosedur *push-over*, dimana penambahan beban diberikan secara berulang hingga komponen struktur mengalami sendi plastis atau keruntuhan pada elemen struktur. Untuk struktur yang menggunakan damper

pelelehan sendi plastis dan keruntuhan terjadi pada elemen damper dimana damper didesain lebih lemah daripada elemen lainnya (Richard, 2014)

Dengan adanya penelitian-penelitian sebelumnya mengenai *Steel Slit Damper* perlu adanya perencanaan pada bangunan gedung bertingkat dengan menggunakan *Steel Slit Damper* sehingga dapat diketahui bagaimana perilaku struktur yang terjadi jika diaplikasikan pada sebuah bangunan gedung dan tidak hanya ditinjau pada portal bertingkat saja. Maka, pada tugas akhir ini dilakukan perancangan modifikasi pada bangunan Fave Hotel Ketintang Surabaya. Bangunan ini terdiri dari 11 lantai. Bangunan akan dimodifikasi dengan menggunakan system struktur CBF (*Concentrically Braced Frames*) dengan menggunakan *Steel Slit Damper*.

Tidak seperti *momen resistant frames* (MRF), *concentrically braced frames* (CBF) adalah sistem penahan gayalateral dengan karakteristik kekakuan elastik yang tinggi. Kekakuan yang tinggi diperoleh dari *diagonalbrace* yang menahan gaya lateral pada struktur frame yang meningkatkan aksi gaya dalam aksial dan aksi lentur yang kecil.



Gambar 1.1 Sketsa Gambar Fave Hotel Ketintang Surabaya

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan utama dalam penyusunan tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana merancang *preliminary desain* dimensi struktur?
2. Bagaimana merencanakan struktur sekunder seperti pelat lantai, pelat atap, tangga, balok anak, dan balok?
3. Bagaimana melakukan pemodelan struktur pada portal baja CBF yang menggunakan *Steel Slit Damper* dengan bantuan program analisa struktur *SAP2000* ?
4. Bagaimana permodelan pembebanan setelah adanya modifikasi perancangan dan analisisnya?
5. Bagaimana menuangkan hasil perencanaan dan perhitungan dalam bentuk gambar teknik?

1.3 Tujuan

Secara garis besar tujuan dari penyusunan tugas akhir ini adalah untuk:

1. merancang *preliminary desain* dimensi struktur
2. merencanakan struktur sekunder seperti pelat lantai, pelat atap, tangga, balok anak, dan balok
3. Melakukan pemodelan struktur pada portal baja CBF yang menggunakan *Steel Slit Damper* dengan bantuan program analisa struktur *SAP2000*
4. Memodelkan pembebanan setelah adanya modifikasi perancangan dan analisisnya
5. Menuangkan hasil perencanaan dan perhitungan dalam bentuk gambar teknik

1.4 Batasan Masalah

Perencanaan ini akan dilakukan dengan adanya suatu batasan antara lain sebagai berikut:

1. Perencanaan tidak meninjau metode konstruksi dan metode pelaksanaan didalam penyelesaian pekerjaan proyek.

2. Perencanaan tidak menghitung *basement*.
3. Perencanaan gedung ditinjau pada segi teknik saja seperti: perencanaan balok anak, tangga, balok induk, kolom dan untuk analisa struktur menggunakan program bantu SAP 2000.

1.5 Manfaat Penulisan

Manfaat yang diharapkan dalam perencanaan ini adalah:

1. Sebagai bahan masukan dan pertimbangan dalam perencanaan gedung menggunakan *Steel Slit Damper* pada struktur bangunan baja tahan gempa.



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Seiring dengan perkembangan teknologi dalam perencanaan bangunan tahan gempa, telah dikembangkan suatu pendekatan desain alternatif untuk mengurangi resiko kerusakan bangunan akibat gempa, dan mampu mempertahankan integritas komponen struktural dan non-struktural terhadap gempa kuat. Pendekatan desain ini bukan dengan cara memperkuat struktur bangunan, tetapi adalah dengan mereduksi gaya gempa yang bekerja pada bangunan atau menambah suatu sistim pada struktur yang dikhususkan untuk mengabsorb sebagian besar energi gempa yang masuk ke bangunan dan hanya sebagian kecil (sisanya) akan dipikul oleh komponen struktur bangunan itu sendiri. Salah satu konsep pendekatan perencanaan yang telah digunakan banyak orang adalah dengan menggunakan *structural control devices* seperti *base isolation system* atau menggunakan *energy dissipation passive* (Daniel dan Hendrik, 2010).

2.2 Sistem Kontrol Pada Struktur

Kontrol pada struktur dibagi menjadi dua jenis berdasarkan perlu tidaknya energi untuk menghasilkan gaya kontrol, yaitu kontrol aktif dan kontrol pasif. Kontrol aktif memerlukan arus listrik untuk operasi alat dan menghasilkan gaya kontrol, sedangkan kontrol pasif menggunakan energi potensial yang dibangkitkan oleh respons struktur untuk menghasilkan gaya kontrol. Kelebihan kontrol aktif adalah karakteristik dinamik struktur dapat beradaptasi dengan beban dinamis yang timbul, sedangkan kelebihan kontrol pasif adalah karena kesederhanaan dalam desain, pemasangan, dan terutama pemeliharaannya (Tjong, 2003).

Menurut Lisa (2012), Salah satu alat kontrol pasif pada struktur yang berdasarkan penggunaan material

bercelah untuk mengurangi getas adalah *Steel Slit Damper* (Peredam Celah). Alat ini dapat dipasang pada bermacam-macam struktur: gedung bertingkat tinggi, menara, bentangan yang panjang, dan jembatan. Tujuan utama pemasangan Steel Slit Damper: pada gedung tinggi untuk mengurangi goyangan gedung akibat angin, pada menara untuk mengurangi goyangan akibat gempa bumi dan angin, pada struktur berbentuk panjang untuk mengurangi getaran akibat lalu lintas, dan pada jembatan untuk mengurangi goyangan akibat angin atau getaran akibat lalu lintas.

Steel Slit Damper (SSD) dibuat dari sejumlah pelat baja lunak atau timah berbentuk segi-4 yang dimodelkan sebagai pegas-pegas yang disusun secara seri. Sehingga besarnya kekakuan damper adalah jumlah dari kekakuan masing-masing pelat. Energi akibat gempa dan angin disalurkan melalui strip-strip damper yang mudah melentur ketika perangkat mengalami deformasi inelastis siklik. Damper jenis ini mendisipasi energi melalui pembentukan sendi plastis atau pelelehan lentur bahan damper. Slit damper memiliki hysteresis yang stabil dengan energi disipasi dan daktilitas yang sangat baik (Chan dan Albermani, 2008).

Kelebihan lain penggunaan sistem ini (damper) adalah kesederhanaan dalam disain, pemasangan, pemeliharaan sehingga tidak memerlukan biaya yang banyak jika dibandingkan dengan sistem kontrol aktif (Tjong, 2003). Damper sendiri terbagi menjadi beberapa jenis yaitu :

1. *Metallic Yielding Damper*
2. *Fluid Damper*
3. *Visco Elastic Damper*
4. *Friction Damper*
5. *Tune Mass Damper*.

Menurut Chung (1996), adanya penggunaan peredam pasif tambahan pada bangunan karena alasan berikut:

1. Peredam tambahan dapat memberikan bangunan dengan kekakuan tambahan dan redaman untuk mengurangi reaksi
2. Disipasi energi di gedung-gedung dapat dibatasi terutama untuk peredam tambahan.
3. Kerusakan bangunan dapat dibatasi oleh peredam tambahan yang lebih mudah dalam penggantian komponennya dibandingkan dengan komponen struktural dan tidak mempengaruhi beban gravitasi.

2.2.1 Metallic Yielding Damper

Metallic yielding damper terbagi atas beberapa bentuk, salah satunya yang akan dibahas pada Tugas Akhir ini adalah *Steel Slit Damper* (SSD), seperti terlihat pada Gambar 2.1. SSD sendiri dibentuk dari profil WF dimana pada bagian badannya dipotong dan dilubangi sehingga menjadi sebuah profil WF yang berlubang. Alat ini diletakkan diatas *bracing* dan digabungkan dengan sistem struktur yang menggunakan sambungan rigid atau semi rigid. Pada saat gempa terjadi damper ini dapat meleleh secara penuh disepanjang permukaannya sampai batas yang telah direncanakan (Whittaker dkk, 1989 dalam Lisa 2012).



Gambar 2.1 *Steel Slit Damper.*

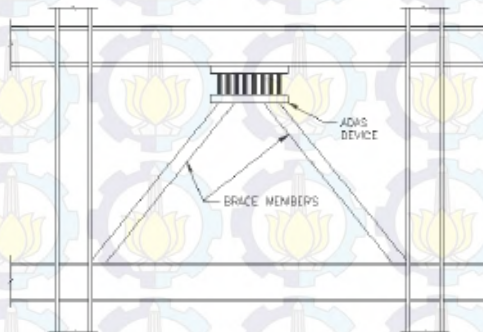
Sumber : Chan dan Albermani (2008)

Chan dan Albermani (2008), menjelaskan bahwa logam damper yang baik harus memiliki dua karakteristik penting agar dapat digunakan dalam struktur bangunan :

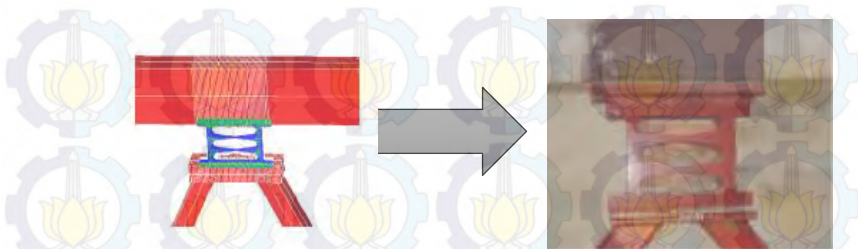
1. Memiliki kestabilan dan energi disipasi yang besar.
2. Merepresentasikan model dari perilaku siklik.

Oh dkk (2009) juga mengemukakan bahwa mekanisme redaman harus ditetapkan rendah, untuk tujuan memicu disipasi energi sedini mungkin dan untuk meningkatkan batas lentur sehingga mencegah kerusakan struktur yang lebih serius.

Pemasangan damper di struktur berbeda dengan pemasangan isolator gempa, isolator gempa dipasang pada bidang yang memisahkan bagian bangunan yang akan dilindungi. Sedangkan damper dipasang pada posisi yang akan dikurangi simpangannya. Damper biasanya dipasang diantara lantai tingkat untuk mengurangi perbedaan pergeseran lantai (*storey drift*), umumnya dipasang bergabung dengan *bracing* seperti gambar 2.2 (Ong, 2008)



Gambar 2.2 Pemasangan Damper di Struktur

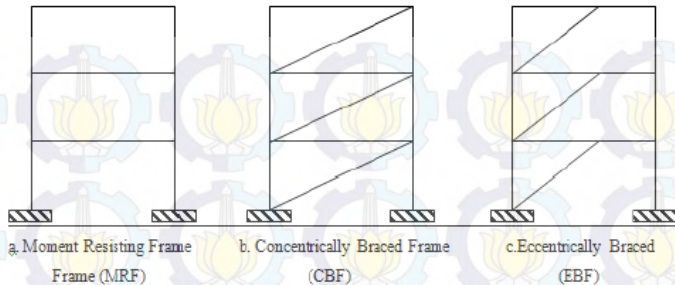


Gambar 2.3 Pemasangan *Damper* di Lapangan

Sumber: Li, dkk (2014)

2.3 Struktur Rangka Baja

Menurut Azis (2012), struktur rangka baja penahan gempa terdiri dari *Moment Resisting Frame* (MRF) dan *Braced Frame* (BF). MRF merupakan struktur rangka yang bekerja secara inelastic penuh saat terjadi gempa dan mempunyai daktilitas yang sangat tinggi. Sedangkan BF mengutamakan kekakuan dari sistem rangka vertikal sebagai penahan beban lateral. BF mempunyai elemen *bracing* yang berguna memperkaku dan memperkuat struktur rangka. BF terbagi dua, yaitu *Concentrically Braced Frame* (CBF) dan *Eccentrically Braced Frame* (EBF). CBF adalah struktur portal penahan lateral yang mempunyai kekakuan elastis yang tinggi. Kekakuan yang tinggi didapat dari pengaku (*bracing*) diagonal dengan mengembangkan aksi gaya dalam aksial dan lentur yang relatif kecil. Sedangkan EBF merupakan suatu sistem struktur rangka baja tahan gempa yang mempunyai kekakuan elastik yang sangat baik (*excellent elastic stiffness*) di bawah pembebanan lateral gempa sedang layaknya CBF dan mempunyai daktilitas yang bagus (*good ductility*) dibawah beban lateral gempa besar layaknya MRF.



Gambar 2.4 Konfigurasi sistim portal berpengaku Isentrik

Sumber : Wijaya (2010)

2.3.1 Moment Resisting Frame (MRF)

Sistem struktur MRF memberikan ruang yang luas pada suatu bangunan. Oleh karena itu system ini sering diminati oleh banyak arsitek dan juga banyak juga digunakan untuk struktur gedung intuisi atau perkantoran yang memerlukan ruang yang luas. Pada sistem struktur MRF, sambungan antara balok dan kolom harus di desain cukup kuat untuk memperkuat kekuatan balok dan mengurangi risiko keruntuhan *brittle* pada sambungan balok dan kolom. Dengan rentang balok yang cukup lebar (tanpa pengaku), system MRF dapat memberikan deformasi yang cukup besar sehingga sistem ini memiliki daktilitas yang cukup besar dibandingkan dengan jenis portal baja tahan gempa lainnya. (Azis, 2010).

Keuntungan dan kelemahan dari penggunaan struktur rangka MRF menurut Wijaya (2010):

Keuntungan :

- Portal yang cukup sederhana yang tidak akan mengganggu penempatan arsitektural bangunan seperti dinding, jendela, ventilasi, dan bagian-bagian bangunan lainnya.

Kelemahan :

- Daktilitasnya rendah karena kemampuan untuk menyerap energi akibat beban gempa sangat kurang.
- Selain itu kekakuan jenis sistem portal ini sangat tidak kaku

2.3.2 Concentrically Braced Frames (CBF)

Berbeda dengan system portal MRF, struktur CBF merupakan sistem struktur untuk menahan beban lateral dengan kekakuan struktur yang tinggi. Kekakuan yang tinggi pada struktur ini dihasilkan oleh elemen batang diagonal yang berfungsi untuk menahan beban lateral pada struktur. Pada sistem struktur ini, elemen bresing diharapkan mampu berdeformasi inelastic yang besar tanpa terjadi kehilangan yang signifikan pada kekuatan dan kekakuan struktur. Pada sistem struktur CBF, kategori struktur dibagi menjadi dua, yaitu Sistem Rangka Bresing Konsentrik Biasa (SRBKB) dan Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus (SRBKK). Pada sistem SRBKB diharapkan sistem ini dapat mengalami deformasi inelastik secara terbatas apabila dibebani oleh gaya-gaya yang berasal dari beban gempa rencana. Berbeda dengan SRBKB, pada sistem SRBKK diharapkan struktur dapat berdeformasi inelastik cukup besar akibat gaya gempa rencana. Sistem SRBKK memiliki daktilitas yang lebih tinggi dibandingkan SRBKB dan penurunan kekuatan pada SRBKK lebih kecil pada saat terjadi tekuk pada bresing tekan. Secara umum, sistem struktur CBF memiliki kekakuan yang lebih tinggi dibandingkan dengan struktur MRF karena adanya elemen bresing pada struktur. Namun demikian, kekakuan yang besar pada sistem CBF mengakibatkan deformasi yang terjadi pada struktur lebih terbatas sehingga daktilitas struktur CBF lebih rendah jika dibandingkan dengan sistem struktur MRF. (Azis, 2010).

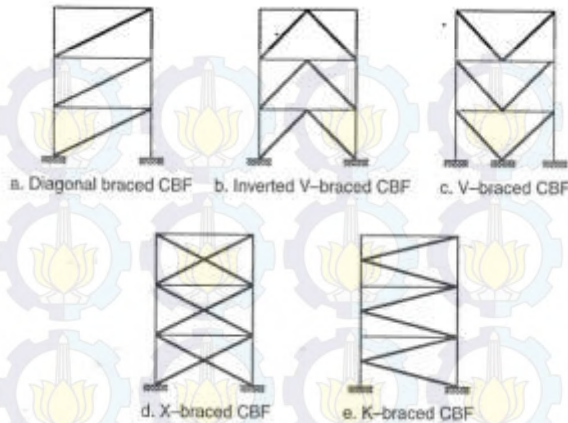
Keuntungan dan kelemahan dari penggunaan struktur rangka MRF menurut Wijaya (2010):

Keuntungan:

- Sistem ini mempunyai kekakuan yang sangat bagus (dibandingkan dengan EBF dan MRF)

Kelemahan:

- Daktilitasnya lebih rendah dibandingkan dengan EBF.



Gambar 2.5 Konfigurasi Sistem CBF

Sumber : Husain, dkk (2011)

2.3.3 Eccentrically Braced Frames (EBF)

Eccentrically Braced Frames (EBF) merupakan konsep desain gabungan antara konsep daktilitas dan disipasi energi yang baik dari desain *Moment-Resisting Frames* (MRF) dengan karakteristik kekakuan elastik yang tinggi dari desain *Concentrically Braced Frames* (CBF). Karakteristik yang membedakan EBF dengan desain struktur tahan gempa MRF dan CBF adalah adanya penghubung yang terdapat pada setidaknya salah satu ujung dari *bracing* yang disebut sebagai *link*. Konsep desain tahan gempa EBF adalah elemen *link* ditetapkan sebagai bagian yang akan rusak sedangkan elemen lain diharapkan tetap berada dalam kondisi elastik. Kelehan yang terjadi pada elemen *link* dapat berupa kelelahan geser atau kelelahan lentur. Tipe kelelahan ini sangat tergantung pada panjang link tersebut. (Engelhardt dan Popov, 1989; 1992 dalam Nidiasari dkk, 2011).

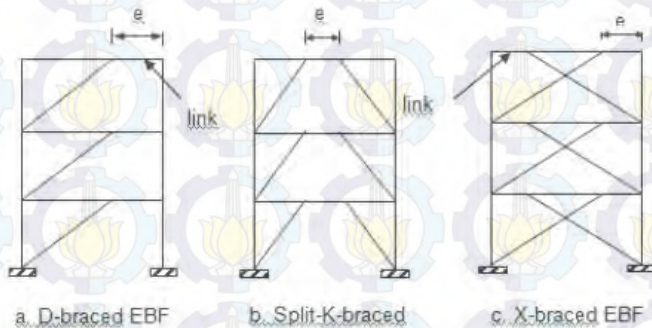
Keuntungan dan kelemahan dari penggunaan struktur rangka EBF menurut Wijaya (2010):

Keuntungan:

- Daktilitasnya lebih baik dibandingkan dengan CBF.

Kelemahan:

- Sistem ini mempunyai kekakuan yang lebih rendah dari CBF
- Arsitekturalnya, yaitu akan menyulitkan dalam penempatan dinding, jendela dan bagian bangunan lainnya.



Gambar 2.6 Konfigurasi sistim portal berpengaku Isentrik

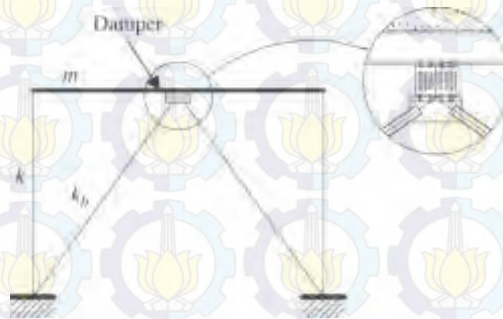
Sumber : Wijaya (2010)

Konsep desain portal tahan gempa EBF (D-EBF, V-EBF, dan K-split EBF) adalah menetapkan elemen *link beam* sebagai bagian yang akan leleh/ rusak terlebih dahulu sedangkan elemen lain seperti kolom, balok dan *bracing* diharapkan tetap berada dalam kondisi elastis. Kelelahan yang terjadi pada elemen *link* dapat berupa kelelahan geser, kelelahan lentur, atau kombinasi keduanya. Dari tiga konfigurasi EBF antara lain D-EBF, V-EBF, dan K-split EBF, jenis K-split EBF merupakan konfigurasi terbaik karena momen terbesar yang menyebabkan terjadinya sendi plastis tidak terjadi di dekat kolom, melainkan berada diujung-ujung *link beam* diantara dua *joint bracing*. Sendi plastis yang terjadi pada balok menyebabkan mekanisme keruntuhan balok. Sedangkan sendi plastis yang terjadi pada kolom menyebabkan mekanisme keruntuhan kolom yang berarti terjadinya keruntuhan bangunan (*collapse*). Oleh karena itu, struktur model K-split EBF akan lebih menguntungkan karena

sendi plastis yang terjadi tidak menyebabkan keruntuhan pada bangunan.

2.4 Steel Slit Damper Pada Struktur CBF

Penelitian serupa yang dilakukan oleh Chan dan Albermani (2008) yaitu dengan menggunakan damper pada struktur CBF *Inverted-V*. Damper yang digunakan juga menggunakan sambungan baut dan tidak menggunakan sambungan las, dengan harapan yang sama agar mempermudah dalam perawatan dan perbaikan damper tersebut. Pemasangan damper yang dilakukan oleh Chan dan Albermani diletakkan di tengah bentang balok dengan menggunakan *gusset plate* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5. Hasil penelitian menunjukkan bahwa batas leleh damper SSD dapat dianalisis secara akurat dengan menggunakan metode elemen hingga dan kekakuannya dapat menggunakan rumus empiris berkaitan dengan hal tersebut damper SSD dengan desain yang lebih panjang dan lebar memiliki perilaku yang fleksibel sedangkan damper SSD yang lebih pendek dan kecil mempunyai kekakuan yang lebih besar, mampu menyerap energi gempa lebih baik namun lebih rentan putus.



Gambar 2.7 Portal 1 lantai dengan menggunakan damper.

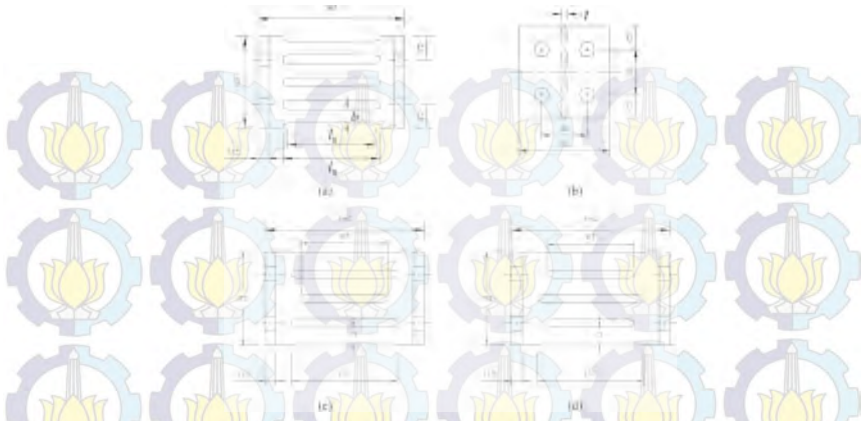
Sumber : Chan dan Albermani (2008)

Selanjutnya penelitian serupa juga telah dilakukan oleh Lisa (2012) pada portal baja 1 lantai 2D yang membandingkan antara portal konvensional dengan portal *bracing inverted-v* menggunakan damper dimana hasilnya menunjukkan bahwa portal yang menggunakan damper memiliki gaya geser, gaya normal dan momen yang lebih kecil, dapat mendisipasi gaya yang bekerja pada kolom, memiliki nilai daktilitas yang lebih tinggi sedangkan pada pola kurva kapasitas untuk portal *bracing inverted-v*, kurva kapasitas menunjukkan sebuah fase dengan kekakuan yang sangat tinggi tetapi daktilitas yang sangat rendah, dan kurva kapasitas akan naik lagi menandakan adanya fase *hardening* setelah itu portal kembali runtuh. Sedangkan pada portal konvensional dan portal dengan menggunakan SSD tidak dijumpai adanya fase *hardening*.

2.5 Design Steel Slit Damper

Chan dan Albermani (2008) memaparkan bahwa *Steel Slit Damper* (SSD) dibuat dari sejumlah pelat baja lunak atau timah berbentuk segi-4 yang dimodelkan sebagai pegas-pegas yang disusun secara seri. Sehingga besarnya kekakuan damper adalah jumlah dari kekakuan masing-masing pelat. Energi akibat gempa dan angin disalurkan melalui strip-strip *damper* yang mudah melentur ketika perangkat mengalami deformasi inelastis siklik. *Damper* jenis ini mendisipasi energi melalui pembentukan sendi plastis atau pelelehan lentur bahan *damper*. *Steel Slit damper* memiliki histeresis yang stabil dengan energi disipasi dan daktilitas yang sangat baik.

Damper dipasang diatas *bracing* yang direncanakan berperilaku elastik dan pengaruh deformasi *bracing* ikut diperhitungkan. *Bracing* hanya memberikan kontribusi pengurangan kekakuan damper dalam batas elastis, setelah melewati batas elastis, *bracing* tidak memberikan kontribusi.



Gambar 2.8 Desain geometris *Slit Damper*

Sumber : Chan dan Albermani (2008)

Desain steel slit damper (SSD) dapat dilihat pada Gambar 2.8 dan Tabel 2.1 dimana, damper tersebut menggunakan profil WF yang telah dimodifikasi.

Tabel 2.1 Spesimen uji *Steel Slit Damper* oleh Chan dan Albermani(2008).

<i>Specimen ID</i>	<i>Measured dimension</i>			<i>b/lo</i>	<i>Test regime</i>
	<i>t</i>	<i>b</i>	<i>lo</i>		
SL-1	8,0	14,9	97,0	0,155	<i>Cyclic</i>
SL-2		15,0	87,1	0,172	
SL-3		15,1	77,0	0,195	
SL-4		16,9	99,2	0,172	
SL-5		16,8	88,3	0,191	
SL-6		16,5	79,0	0,215	
SL-7		16,6	99,1	0,172	<i>Monotonic</i>
SL-8		16,6	<i>Varies</i>	<i>Varies</i>	<i>Cyclic</i>
SL-9		16,5			

Sumber : Chan dan Albermani (2008). (Units: mm)

Menurut Chan dan Albermani (2008) *Steel Slit Damper* dapat dianalisis dengan menggunakan rumus momen inersia. Sedangkan untuk mencari nilai kekakuan elastis damper (k_d) diasumsikan bahwa jumlah potongan atau lubang pada damper merupakan bagian dari damper. Ketika damper mengalami *displacement* yang cukup besar, maka momen yang terjadi pada bagian ujung damper akan mencapai batas leleh lebih dulu.

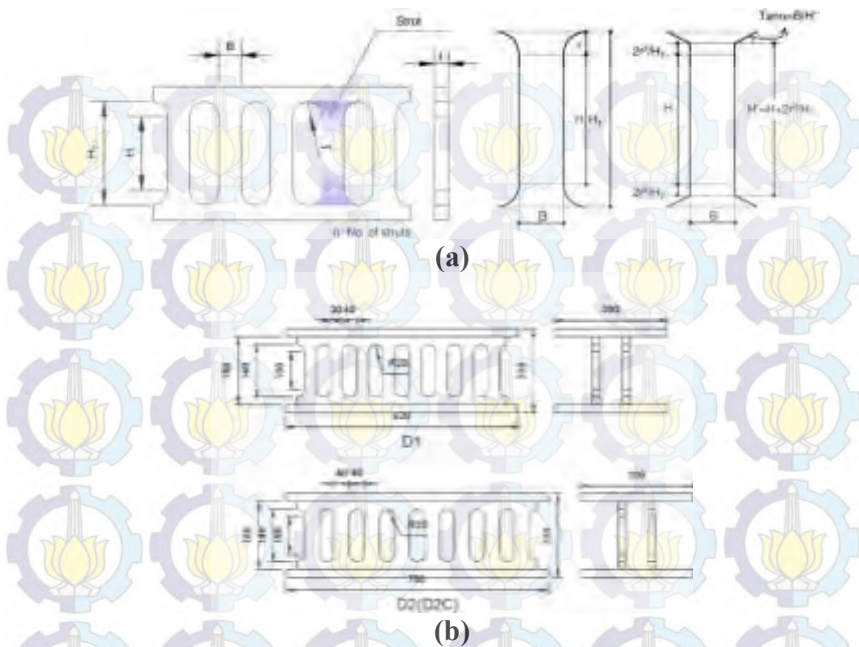
Setelah itu Chan dan Albermani (2008) melakukan uji laboratorium untuk menguji kekuatan masing-masing spesimen yang hasilnya seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Hasil uji laboratorium oleh Chan dan Albermani (2008).

<i>Specimen</i>	k_d	c	P_y	$P_{y,ex}$	$P_y/P_{y,ex}$	P_{max}	P_{min}	δ_y	δ_{max}	μ	N_c
SL-1	6,67	0,29	11,83	11,51	1,03	22,61	- 19,37	0,49	17,32	35,42	29
SL-2	9,31	0,26	13,78	13,09	1,05	22,54	- 20,59	0,39	12,05	30,86	27
SL-3	12,36	0,29	11,56	15,02	0,77	25,81	- 25,98	0,30	11,66	38,49	26
SL-4	9,30	0,29	14,34	14,62	0,98	29,61	- 23,28	0,45	16,47	36,69	29
SL-5	12,54	0,29	16,75	16,11	1,04	31,26	- 26,40	0,36	11,92	32,83	26
SL-6	13,52	0,23	17,45	17,47	1,00	35,68	- 29,79	0,29	11,44	39,19	26
SL-7	14,56	0,48	12,94	14,08	0,92	25,71	-	0,46	25,71	55,89	-
SL-8	11,02	0,31	14,15	14,80	0,96	29,56	- 25,41	0,41	11,88	28,86	27
SL-9	10,21	0,25	15,19	15,49	0,98	31,68	- 29,41	0,37	11,42	30,81	26

Sumber : Chan dan Albermani (2008)

Sedangkan desain damper SSD yang dilakukan oleh Hoon Oh dkk (2009) dan Saffari dkk (2013) dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.9 Desain Slit Steel Damper

Sumber : Hoon Oh dkk (2009) serta Saffari dkk (2013).

Tabel 2.3 Spesimen uji Steel Slit Damper oleh Ohh dkk (2009).

Specimen	Slit Damper					Floor Slab
	b (mm)	t (mm)	h (mm)	r (mm)	n (EA)	
D1	30	19	100	20	16	None
D2	30	19	100	20	16	None
D2C	30	19	100	20	16	Yes
W	Welded moment connections					None

Sumber : Oh dkk (2009).

Selain itu untuk portal tipe MRF dengan steel slit damper juga dilakukan oleh Karavasilis dkk (2012) dengan spesifikasi sebagai berikut :



Gambar 2.10Desain Steel Slit damper Karavasilis dkk (2012)

Tabel 2.4Spesimen uji steel slit damper oleh Karavasilis dkk (2012)

Spesimen	Slit device geometry (mm)			Jumlah strips (n_{st})	Berat (kN)	Koefisien (c)
	t	b	l_o			
SL-1	15	66	440	13	124	0,22
SL-2	15	53	350	15		
SL-3	15	53	350	13		
SL-4	15	53	350	10		
SL-5	15	53	350	8		

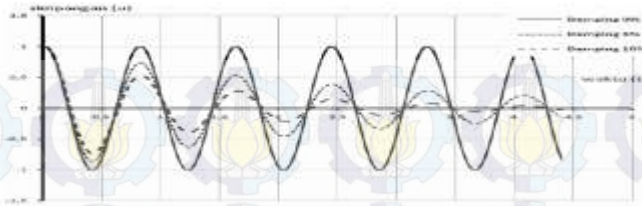
2.6 Peran Damping Pada Getaran

Damper mempunyai sifat dan cara kerja yang berbeda dengan base isolator, damper mendisipasi energi yang masuk ke struktur dengan mengubah energi tersebut menjadi panas, sehingga respon simpangan struktur menjadi kecil (Ong, 2008).

Peran damping dalam struktur antara lain :

1. Menyebabkan getaran dapat berhenti.
2. Memperkecil respon simpangan (*displacement*).
3. Mengurangi simpangan saat resonansi.

Bila suatu struktur tanpa damping, getaran struktur tidak akan berhenti, seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.11 Getaran bebas dengan damping.

Sumber : Ong (2008).

Untuk getaran bebas damping (*undamped free vibration*) atau 0% damping, amplitudo getaran akan tetap dan berulang-ulang terus tanpa berhenti, sedangkan getaran dengan damping (*damped free vibration*) dengan damping 5% dan 10% amplitudo getaran menjadi semakin mengecil terhadap waktu. Semakin besar damping terhadap suatu sistem berarti semakin cepat amplitudo getaran berkurang dan semakin cepat pula berhenti bergetar.

Hal ini tidak terjadi pada keadaan sebenarnya, getaran bagaimanapun akan berhenti pada suatu waktu tertentu, berhentinya getaran disebabkan dissipasi energi dari getaran, faktor yang menyebabkan dissipasi energi dinamakan damping atau redaman dari suatu sistem getaran.

2.7 Faktor Damping Terhadap Respons Spektrum Gempa

Metode analisa dinamis dengan metode response spektrum gempa merupakan metode yang paling sederhana dalam menentukan response suatu sistem struktur, untuk menentukan response maksimum tersebut hanya diperlukan variabel waktu getar (T). Kurva respon spektrum gempa digambarkan dari hubungan response maksimum terhadap waktu getar, response maksimum tersebut dihitung dari suatu sistem *SDOF* dengan berbagai waktu getar dan suatu input gempa tertentu.

Nilai persentase damping yang digunakan untuk penentuan kurva respon spektrum biasanya sebesar 5%. Pada penjelasan sebelumnya kita ketahui bahwa damping akan memperkecil response dari getaran, jadi semakin tinggi nilai damping maka

semakin kecil pula response yang terjadi yaitu termasuk response simpangan Untuk menentukan pengurangan nilai response akibat besar damping yang berbeda digunakan suatu faktor pengali yang disebut juga faktor damping. Faktor tersebut merupakan faktor pengali atau koreksi terhadap respon spektrum getaran dengan damping 5 %.

Tabel 2.5 Faktor damping FEMA NEHRP 2000.

Dampin g (ζ)	0.0 2	0.0 5	0.1 0	0.2 0	0.3 0	0.4 0	0.5 0	0.6 0	0.7 0	0.8 0	0.9 0	1.0 0
$\beta(\zeta)$	1.2 5	1.0 0	0.8 3	0.6 7	0.5 6	0.4 8	0.4 2	0.3 7	0.3 3	0.3 0	0.2 8	0.2 5

Sumber : Ong (2008)

Sedangkan Ramirez et al memberikan faktor damping yang hampir sama dengan yang diajukan FEMA 2000, yaitu:

Tabel 2.6 Faktor damping Ramirez dkk (2000).

Damping (ζ)	0.02	0.05	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
B_1 (ζ)	1.25	1.00	0.83	0.67	0.59	0.53	0.45	0.39	0.34	0.30	0.27	0.25
β_2 (ζ)	1.25	1.00	0.83	0.67	0.59	0.53	0.45	0.38	0.43	0.42	0.41	0.40

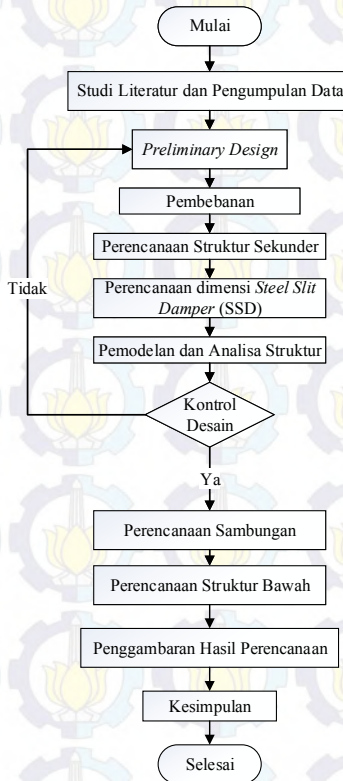
Sumber : Ong (2008)



BAB 3 METODOLOGI

3.1 Skema Penelitian

Dalam penelitian ini akan membahas tentang respon seismik struktur baja dengan *Steel Slit Damper*. Urutan penelitian dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut :



Gambar 3.1 *Flowchart* Perencanaan

3.2 Studi Literatur dan Pengumpulan Data

3.2.1 Studi Literatur

Mencari literatur dan peraturan (*Building Code*) yang akan menjadi acuan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, adapun beberapa literatur dan jurnal dalam pengerjaan tugas akhir ini. Untuk peraturan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. SNI 03-1729-2015
Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, Badan Standarisasi Nasional.
2. SNI 03-1726-2012
Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah dan Gedung.
3. SNI 1727-2013
Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain

3.2.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dan informasi bangunan yang akan dimodifikasi adalah sebagai berikut:

1. Data Umum Bangunan

Nama Gedung	: FAVE HOTEL KETINTANG SURABAYA
Lokasi	: Surabaya
Fungsi	: Hotel
Tinggi Bangunan	: 40.6 (11 Lantai)
Zona Gempa	: Area Surabaya
Struktur Utama	: Beton Bertulang
Kolom	: Beton $f'_c = 40$ MPa, BJTD U40
Balok	: Beton $f'_c = 30$ MPa, BJTD U40
Pelat	: Beton $f'_c = 30$ MPa, BJTD U40

2. Data Perencanaan Modifikasi

Perencanaan bangunan yang akan dimodifikasi adalah sebagai berikut:

- Lokasi Rencana : Padang
- Fungsi : Hotel
- Struktur Utama : Baja
- Sistem Struktur : *Concentrically Braced Frame* (CBF)
- Jumlah Lantai : 12 Lantai dan 1 Lantai Atap
- Rencana Pondasi : Tiang Pancang
- Data tanah : Data tanah yang digunakan berdasarkan nilai SPT, dipakai untuk merencanakan pondasi.

3.3 Preliminary Design

Pada tahap *preliminary Design* dilakukan perkiraan dimensi awal dari elemen elemen struktur pada gedung, penentuan bahan, dan material struktur, dan merencanakan dimensi profil yang akan digunakan.

- Profil Kolom : Profil KC (BJ 41)
: $f_y = 250 \text{ Mpa}$; $f_u = 410 \text{ Mpa}$
- Profil Balok : Profil WF (BJ 41)
: $f_y = 250 \text{ Mpa}$; $f_u = 410 \text{ Mpa}$
- Profil Bracing : Profil WF (BJ 41)
: $f_y = 250 \text{ Mpa}$; $f_u = 410 \text{ Mpa}$

3.4 Pembebanan

Perencanaan pembebanan pada pada struktur yang dihitung berdasarkan Peraturan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (PPURG 1987) dan SNI 03-1726-2012. Pembebanan yang digunakan antara lain :

1. Beban Mati

Beban mati terdiri atas berat seluruh material elemen struktur pembangun gedung serta perlengkapan permanen di dalam gedung berdasarkan SNI 1727-2013.

2. Beban Hidup

Beban hidup terdiri dari beban yang diakibatkan oleh pemakaian gedung dan tidak termasuk beban mati, beban konstruksi atau beban akibat fenomena alam seperti beban angin, beban salju, beban hujan, dan beban akibat banjir. Beban hidup akan di input kedalam struktur berupa beban tributary yang langsung didistribusikan melalui balok yang berdasarkan SNI 1727-2013.

3. Beban Angin

Analisa beban angin pada gedung ini mengacu pada SNI 1727-2013 tabel 27.2-1, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Menentukan kategori risiko bangunan gedung atau struktur lain (Tabel 1.5-1).
- b. Menentukan faktor kepentingan (Tabel 1.5-2).
- c. Kecepatan angin dasar (V), pasal 26.5.1
- d. Menentukan faktor arah angin (K_d), pasal 26.7.
- e. Menentukan kategori eksposur Menentukan faktor topografi (K_{zt}), pasal 26.8.2 dan persamaan 26.8-1.
- f. Faktor efek tiupan angin (G), pasal 26.9.
- g. Menentukan koefisien tekanan internal (GC_{pi}), pasal 26.11
- h. Menentukan koefisien eksposur tekanan velositas (K_{zt}), pasal 27.3.1.
- i. Menentukan tekanan velositas (q_z), pasal 27.3.2.
- j. Menentukan koefien tekanan eksternal (C_p), pasal 27.4.1.
- k. Menghitung tekanan angin (p), persamaan 27.4-1.

4. Beban Gempa (SNI-03-1726-2012).

Beban gempa merupakan semua beban gempa statik ekivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh gerakan tanah akibat beban gempa

tersebut. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamik, maka yang diartikan dengan beban gempa disini adalah gaya-gaya yang terjadi di dalam struktur tersebut terjadi akibat gerakan tanah akibat gempa tersebut. Beban gempa yang diterima oleh gedung dihitung berdasarkan peraturan gempa yang terbaru yakni SNI-1726-2012.

5. Kombinasi Pembebanan

Pembebanan sesuai dengan SNI 03-1729-2002, dengan kombinasi-kombinasi sebagai berikut:

- (1) $1,4D$
- (2) $1,2D + 1,6L + 0,5 (L_a \text{ atau } H)$
- (3) $1,2D + 1,6 (L_a \text{ atau } H) + (\cdot L L \text{ atau } 0,8 W)$
- (4) $1,2D + 1,3W + \cdot L L + 0,5 (L_a \text{ atau } H)$
- (5) $1,2D + 1,0E + \cdot L L$
- (6) $0,9D - 1,0W + \cdot L L$

3.5 Perencanaan Gempa

Berdasarkan peraturan gempa yang terbaru yakni SNI -1726-2012. Langkah-langkah dalam menentukan beban gempa :

- 1) Menentukan kategori resiko bangunan gedung I-IV (SNI-1726-2014 Pasal 4.1.2)

Tabel 3.1 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa

Jenis Pemakaian	Kategori Resiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I

<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ Rumah susun - Pusat perbelanjaan/ Mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan struktur lainnya, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi - 	III
<p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p>	IV

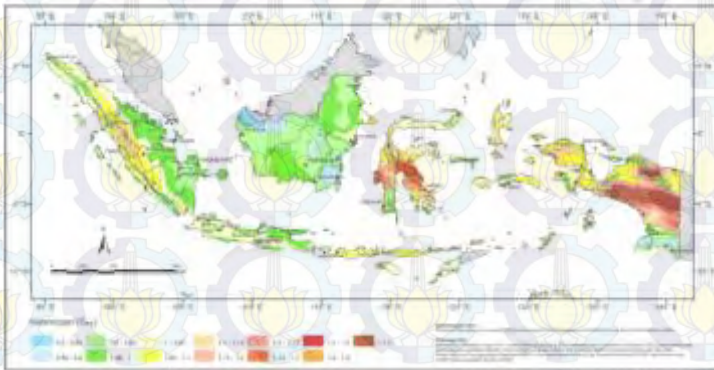
<ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas public lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	
---	--

2) Menentukan faktor keutamaan gempa (SNI-1726-2012 Pasal 4.1.2)

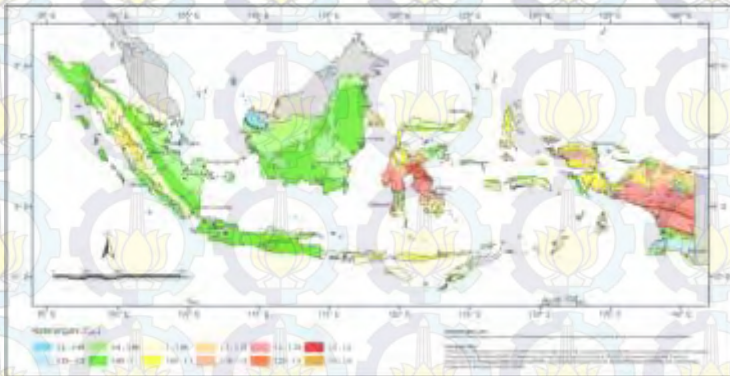
Tabel 3.2 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1.0
III	1.25
IV	1.50

- 3) Menentukan parameter percepatan tanah (S_s, S_1) (SNI-1726-2012 Pasal 4.1.2)



Gambar 3.2Koefisien risiko terpetakan, periode respon spektral 0.2 detik



Gambar 3.3Koefisien risiko terpetakan, periode respon spektral 1 detik

4) Menentukan klasifikasi situs (SA-SF) (SNI-1726-2012 Pasal 5.3)

Tabel 3.3 Klasifikasi Situs

Kelas Situs			
SA (batuan keras)	>1500 m/s	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500 m/s	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750 m/s	>50	$\geq 100 \text{ kN/m}^2$
SD (tanah sedang)	175 sampai 350 m/s	15-50	50 sampai 100 kN/m^2
SE (tanah lunak)	< 175 m/s	< 15	< 50 kN/m^2
	<p>Atau setiap profil tanah yang mengandung 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut :</p> <p>Indeks plastisitas, $PI > 20$</p> <p>Kadar air, $w \geq 40\%$</p> <p>Kuat geser niralir < 25 kPa</p>		
SF (tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs)	<p>Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut :</p> <p>Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat senditif, tnaha tersementasi lemah</p> <p>Lempung sangat organik dan/ atau gambut (ketebalan $H > 3 \text{ m}$)</p>		
	<p>- Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5 \text{ m}$ dengan $PI > 75$</p> <p>Lapisan lempung lunak/ setengah teguh dengan ketebalan $H > 35 \text{ m}$ dengan < 50 kPa</p>		

- 5) Menentukan faktor koefisien situs (F_a , F_v) (SNI-1726-2012 Pasal 6.2)

Untuk penentuan respon spektral percepatan gempa MCER di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismic pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor mplikasi getran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait (f_v). Parameter spectrum respons percepatan pada periode pendek (SMS) dan periode 1 detik (SM1) ditentukan dengan perumusan berikut :

$$SMS = F_a S_s \quad (3.1)$$

$$SM1 = F_v S1 \quad (3.2)$$

Keterangan :

S_s adalah parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode pendek

$S1$ adalah parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode 1,0 detik

Tabel 3.4 Koefisien Situs F_a

Klasifikasi Situs	Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa MCE_R pada periode pendek				
	$S_s \leq$ 0,25	$S_s =$ 0,5	$S_s =$ 0,75	$S_s =$ 1,0	$S_s \geq$ 1,25
A	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
C	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
D	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
E	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
F	Lihat ketentuan pasal 6.10.1				
Catatan : Gunakan interpolasi linier untuk nilai-nilai antara S_s					

Tabel 3.5 Koefisien Situs F_v

Klasifikasi Situs	Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa MCE_R pada periode 1 s				
	$S_I \leq 0,1$	$S_I = 0,2$	$S_I = 0,3$	$S_I = 0,4$	$S_I \geq 0,5$
A	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
C	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
D	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
E	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
F	Lihat ketentuan pasal 6.10.1				
Catatan : Gunakan interpolasi linier untuk nilai-nilai antara S_I					

- 6) Menghitung parameter percepatan desain (S_{DS}, S_{D1}) (SNI-1726-2012 Pasal 6.3)

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek (S_{DS}), dan pada periode 1 detik (S_{D1}) harus ditetapkan sebagai berikut :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (3.1)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (3.2)$$

- 7) Menentukan kategori desain seismik (SNI-1726-2012 Pasal 6.5)

Tabel 3.6 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek

Nilai S_{DS}	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C

$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 3.7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Perioda 1 Detik

Nilai SDI	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DI} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{DI} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{DI} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{DI}$	D	D

- 8) Memilih faktor Koefisien modifikasi respons (R), Faktor pembesaran defleksi (C_d) dan Faktor kuat lebih sistem (Ω_0) untuk sistem penahan gaya gempa (SNI-1726-2012 Pasal 7.2.2)

Sistem Penahan Gaya Gempa	Koefisien Respons Modifikasi, R	Faktor Kuat Lebih, Ω_0	Faktor Pembesaran Defleksi, C_d	Batasan Sistem Struktur Termasuk Batasan Tinggi Struktur				
				Kategori Desain Seismik				
				B	C	D	E	F
Sistem Ganda Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Yang Mampu Menahan Paling Sedikit 25% Gaya Gempa Yang Ditetapkan								

1. Dinding geser beton bertulang khusus	7	$2\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{2}$	NL	NL	NL	NL	NL
2. Dinding geser beton bertulang biasa	6	$2\frac{1}{2}$	5	NL	NL	NP	NP	NP
3. Dinding geser batu bata bertulang khusus	$5\frac{1}{2}$	3	5	NL	NL	NL	NL	NL
4. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	$3\frac{1}{2}$	NL	NL	NP	NP	NP
Catatan : NL = tidak dibatasi; NP = tidak diizinkan								

Tabel 3.8 Faktor R, Cd dan Ω_0 Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa

- 9) Menentukan prosedur analisis Gaya lateral Konsep SNI-1726-2012 memberikan petunjuk untuk tiga prosedur analisis, yaitu :
- Analisis gaya lateral equivalent (GLE atau ELF)
 - Analisis Super posisi Ragam (MSA)
 - Analisis Riwayat Waktu (RHA)

Tabel 3.9 Prosedur Analisis Yang Diizinkan

Kategori Desain Seismik	Karakteristik Struktur	Analisis Gaya Lateral Ekuivalen	Analisis Spektrum Respons Ragam	Prosedur Riwayat Respons Seismik
B,C	Bangunan dengan Kategori Risiko I atau II dari konstruksi rangka ringan dengan ketinggian tidak melebihi 3 tingkat.	I	I	I
	Bangunan lainnya dengan Kategori Risiko I atau II, dengan ketinggian tidak melebihi 2 tingkat.	I	I	I

	Semua struktur lainnya	I	I	I
D, E, F	Bangunan dengan Kategori Risiko I atau II dari konstruksi rangkaringan dengan ketinggian tidak melebihi 3 tingkat	I	I	I
	Bangunan lainnya dengan Kategori Risiko I atau II, dengan ketinggian tidak melebihi 2 tingkat.	I	I	I
	Struktur beraturan dengan $T < 3,5T_a$, dan semua struktur dari konstruksi rangka ringan.	I	I	I
	Struktur tidak beraturan dengan $T < 3,5T_a$ dan hanya mempunyai ketidak beraturan horizontal Tipe 2, 3, 4, atau 5 atau ketidakberaturan vertikal Tipe 4, 5a, atau 5b.	I	I	I
	Semua struktur lainnya	TI	I	I
Catatan : I : Diizinkan, TI : Tidak Diizinkan				

10) Melakukan analisis statik ekuivalen

- Menentukan periode fundamental perkiraan, T_a , (SNI-1726-2012 pasal 7.8.2.1).

$$T_a = C_t \times h_n^x \quad (3.3)$$

Keterangan :

C_t , dan x = koefisien parameter waktu getar perkiraan (Tabel 3.12)

h_n = tinggi struktur

Dalam tugas akhir menggunakan yaitu analisis statik ekuivalen dan analisis modal respon spektrum.

Tabel 3.10 Nilai Koefisien Waktu Getar Perkiraan C_t Dan x (SNI-1726-2012 Tabel 15)

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen dengan rangka menahan 100% gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa :		
Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangak baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

- Menentukan batas periode struktur

$$T \leq C_u \times T_a \quad (3.4)$$

Keterangan :

T_a = periode fundamental perkiraan

C_u = koefisien untuk batas atas periode hasil perhitungan (Tabel 3.11)

Tabel 3.11 Koefisien Untuk Batas Atas Periode Hasil Perhitungan (SNI-1726-2012 Tabel 14)

Parameter Percepatan Respon Spektral Desain Pada 1 s, S_{DI}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

- Menghitung gaya dasar seismik

$$V = C_s W \quad (3.5)$$

Keterangan:

C_s adalah koefisien respons seismik

W adalah berat seismik menurut pasal 7.7.2 (SNI-1726-2012)

- Menghitung koefisien respon seismik

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e} \right)} \quad (3.6)$$

Keterangan :

S_{DS} adalah percepatan spektrum respon desain dalam periode pendek

R adalah faktor modifikasi respon dalam tabel 3.8

I_e adalah faktor keutamaan hunian sesuai 3.2

Nilai C_s diatas tidak perlu melebihi :

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)} \quad (3.5)$$

Dan nilai C_s tidak kurang dari :

$$C_s = 0.44 S_{DS} I_e \geq 0.01 \quad (3.6)$$

Untuk struktur berlokasi dimana $S_1 \geq 0,6$ g, maka C_s harus tidak kurang dari :

$$C_s = \frac{0,5S_1}{\left(\frac{R}{I_e} \right)} \quad (3.7)$$

Keterangan :

S_{D1} adalah Percepatan spektrum respon desain dalam periode 1,0 detik

T adalah Periode struktur dasar (detik)

S_1 adalah Percepatan spektrum respon maksimum

- Menghitung distribusi vertikal gaya gempa

$$F_x = C_{vx} \cdot V$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (3.8)$$

Keterangan :

C_{vx} adalah faktor distribusi vertikal

V adalah gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur (kN)

w_i dan w_x adalah bagian berat seismik efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x

h_i dan h_x adalah tinggi (m) dari dasar sampai tingkat i atau x

k adalah eksponen yang terkait dengan periode struktur sebagai berikut :

- untuk struktur dengan periode $\leq 0,5$ s, $k=1$
- untuk struktur dengan periode $\geq 2,5$ s, $k=2$
- untuk struktur dengan periode antara 0,5 s sampai 2,5 s, $k=2$ atau ditetapkan dengan interpolasi antara 1 dan 2

- Menghitung distribusi horizontal gaya di tiap lantai (SNI 1726-2012 pasal 7.8.4)(kN) harus ditentukan dari persamaan berikut :

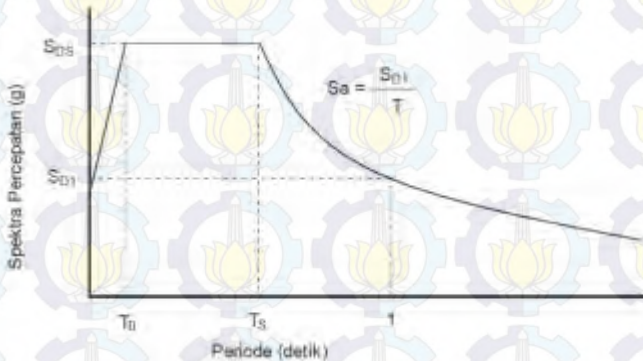
$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i \quad (3.9)$$

Keterangan :

F_i = bagian dari gaya geser dasar seismik yang terjadi pada tingkat i

11) Melakukan analisis modal respon spektrum

Analisis modal respon spektrum dilakukan menggambar grafik respon spektrum rencana ke dalam program analisis struktur. Ketentuan mengenai penggambaran grafik respon spektrum dijelaskan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Ketentuan Penggambaran Grafik Respon Spektrum

Pada periode $T < T_0$, respon spektra percepatan :

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (3.10)$$

Pada periode $T_0 \leq T \leq T_s$, respon spektra percepatan :

$$S_a = S_{DS} \quad (3.11)$$

Pada $T > T_s$, respon spektra percepatan :

$$S_a = \frac{S_{DI}}{T} \quad (3.12)$$

Dengan :

$$T_0 = \frac{0,2 S_{DI}}{S_{DS}} \quad (3.13)$$

$$T_s = \frac{S_{DI}}{S_{DS}} \quad (3.14)$$

3.6 Pemodelan Analisa Struktur

Setelah dilakukan preliminary design, maka hasil dari *preliminary design* tersebut di aplikasikan kedalam bentuk permodelan struktur 3D dengan bantuan software SAP2000.

3.7 Analisa Struktur

Setelah semua pembebanan di Input kedalam struktur, maka selanjutnya akan dilakukan analisa struktur guna memperoleh :

- Periode Natural Struktur.
- Reaksi Perletakkan Struktur
- Percepatan Struktur
- Displacement/ *Drift Story*

Hasil analisa struktur diatas bertujuan untuk :

1. Memastikan bahwa struktur yang kelak akan dimodelkan dengan base isolation, sudah merupakan struktur yang stabil dan kuat tanpa melampaui ketentuan- ketentuan yang telah ditetapkan berdasarkan SNI atau peraturan yang lainnya.
2. Menentukan parameter kekakuan base isolation yang akan digunakan pada pemodelan Isolated-Structure.

3.8 Kontrol Struktur

1. Kontrol Hasil Analisa Struktur

Setelah melakukan analisis struktur bangunan, tahap selanjutnya adalah melakukan kontrol dimensi elemen struktur, yaitu kontrol penampang balok, sloof dan kolom. Dengan melakukan kontrol dimensi pada elemen struktur dapat diketahui apakah disain yang direncanakan sudah memenuhi persyaratan yang berlaku menurut studi literatur yang telah dibahas di atas sebelumnya.

2. Kontrol Partisipasi Massa

Analisis harus dilakukan untuk menentukan modes alami dari getaran untuk struktur yang dianalisis. Analisis harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respons total harus sekurang-kurangnya 90% (SNI1726-2012 pasal 7.9.1).

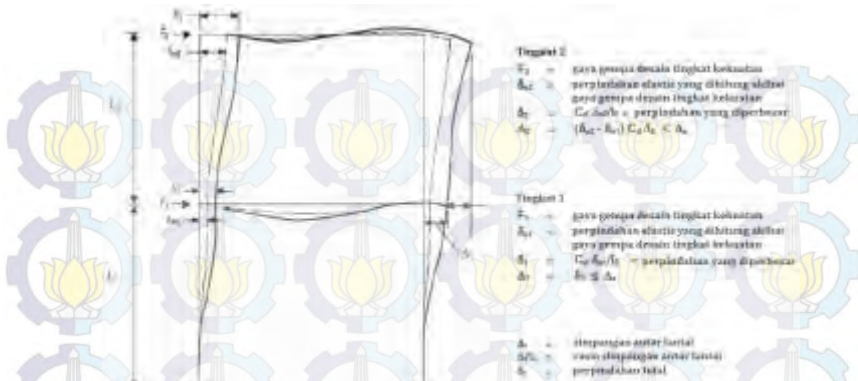
3. Kontrol Nilai Akhir Respons Spektrum

Nilai gaya geser dasar hasil analisis respons spektrum, V_t , sebaiknya tidak kurang dari 85% (fixed base) dan 80% (base isolation) nilai gaya geser dasar hasil analisis statik ekuivalen, V . Bila nilai $V_t < V$, nilai V_t harus dikalikan dengan $0,85 V/V_t$ (SNI-1726-2012 pasal 7.9.4.1) dan $0,85 V/V_t$ (SNI-1726-2012 pasal 12.6.2.2)

4. Kontrol Simpangan Antar Tingkat

Simpangan antar tingkat rencana harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di atas dan di bawah tingkat yang ditinjau. Besarnya defleksi pada tingkat x , δ_x , dapat dihitung dengan Persamaan (3-23) (SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.6). Sementara untuk perhitungan simpangan antar lantai ditunjukkan pada Gambar 3.5. Nilai simpangan antar lantai ini tidak boleh melebihi simpangan antar lantai izin, h_{sx} , pada Tabel 3.4.

$$\delta_x = \frac{C_d \cdot \delta_{xe}}{I_e} \quad (3.15)$$



Gambar 3.5Penentuan Simpangan Antar Tingkat

Tabel 3.12Simpangan Antar Tingkat Izin (SNI-1726-2012Tabel 16)

Struktur	Kategori Resiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dari dasar, dengan dinding interior, partisi, langit-langit, dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai	$0,025h_{sx}$	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

3.9 Kontrol Desain

Setelah melakukan analisa struktur bangunan, tahap selanjutnya adalah melakukan kontrol dimensi elemen struktur, yaitu kontrol penampang balok dan kontrol penampang kolom. Dengan melakukan kontrol dimensi pada elemen struktur dapat diketahui apakah desain yang direncanakan sudah memenuhi persyaratan yang berlaku. Adapun tahapan dalam kontrol desain sebagai berikut :

3.9.1 Kontrol Desain Penampang Balok

Pada perencanaan elemen balok direncanakan menggunakan profil I sesuai dengan ketentuan SNI 1729-2015 Tabel B4.1b yaitu:

a. Cek terhadap kelangsingan penampang :

Untuk Sayap (*flange*) :

- Penampang kompak ($\lambda \leq \lambda_p$) :

$$\lambda = \frac{b}{2tf} \leq \lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.16)$$

- Penampang non kompak ($\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$) :

$$\lambda_r = 1.0 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.17)$$

Untuk badan (*web*) :

- Penampang kompak ($\lambda \leq \lambda_p$) :

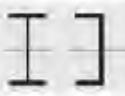




$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} \leq \lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.18)$$

- Penampang non kompak ($\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$) :

$$\lambda_r = 5.70 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.19)$$

Untuk melakukan perencanaan digunakan Tabel Pemilihan untuk Penggunaan Bab Pasal F.

Tabel 3.13 Pemilihan untuk Penggunaan Bab Pasal F SNI 1729:2015 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.

Pasal dalam Bab F	Penampang Melintang	Kelangsangan Bayap	Kelangsangan Badan	Kondisi Batas
F2		C	C	Y, LTB
F3		NC, S	C	LTB, FLB
F4		C, NC, S	C, NC	Y, LTB, FLB, TFB
F5		C, NC, S	S	Y, LTB, FLB, TFB
F6		C, NC, S	HA	Y, FLB

b. Kuat nominal lentur penampang

Sebuah balok yang memikul beban lentur murni terfaktor M_u harus direncanakan sedemikian rupa sehingga selalu terpenuhi hubungan :

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.20)$$

Keterangan :

M_u = momen lentur terfaktor

ϕ = faktor tahanan = 0,9 (DFBK)

M_n = kuat nominal dari momen lentur penampang

- **Kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh tekuk lokal**

Kelangsingan penampang kompak, tak kompak, dan langsing suatu komponen struktur yang memikul lentur, ditentukan oleh kelangsingan elemen-elemen tekannya. Untuk penampang yang digunakan dalam perencanaan balok pada struktur baja tahan gempa, kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh tekuk lokal ditentukan berdasarkan Bab Pasal F (F2-F6) SNI 1729:2015

a) Penampang kompak :

$$M_n = M_p = F_y \cdot Z_x \quad (3.21)$$

b) Penampang non kompak:

$$M_n = M_p - (M_p - 0,7F_y \cdot S_x) \left(\frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \quad (3.22)$$

c) Penampang langsing:

$$M_n = \frac{0,9Ek_c - S_x}{\lambda^2} \quad (3.23)$$

- **Kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh tekuk lateral**

Tahanan komponen struktur dalam memikul momen lentur tergantung dari panjang bentang antara dua pengekang yang berdekatan, L . Kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh tekuk lateral ditentukan berdasarkan Bab Pasal F (F2-F6) SNI 1729:2015

a) Bentang pendek: $L_b \leq L_p$

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.24)$$

b) Bentang menengah: $L_p < L_b < L_r$

$$M_n = C_b \cdot \left[M_p - 0,7F_y S_x \cdot \left(\frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (3.25)$$

c) Bentang panjang : $L_b > L_r$

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p \quad (3.26)$$

c. Kuat geser

Plat badan tak diperkaku yang memikul gaya geser terfaktor perlu (V_n) harus memenuhi

$$V_u \leq \phi V_n \quad (3.27)$$

Ketrangan :

ϕ = faktor tahanan = 0,90

V_n = tahanan geser nominal plat badan

Kekuatan geser nominal dari plat badan yang tak diperkaku menurut keadaan batas dari pelelehan geser dan tekuk geser adalah :

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v \quad (3.28)$$

Dengan ketentuan nilai C_v diambil sebagai berikut :

a. Bila $\frac{h}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$

Maka,

$$C_v = 1.0 \quad (3.29)$$

b. Bila $1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} < \frac{h}{t_w} \leq 1.37 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}}$

Maka,

$$C_v = \frac{1.10 \sqrt{k_v E / f_y}}{h / t_w} \quad (3.30)$$

c. Bila $h / t_w > 1.37 \sqrt{k_v E / f_y}$

Maka,

$$C_v = \frac{1.51 k_v E}{\left(h / t_w\right)^2 f_y} \quad (3.31)$$

Koefisien tekuk geser plat badan, k_v untuk badan tanpa pengaku transversal ditentukan sebagai berikut :

$$h / t_w < 260 \quad (3.32)$$

Maka nilai $k_v = 5.0$

Ketrangan :

- A_w = Luas dari badan, tinggi keseluruhan dikalikan ketebalan badan
- h = Jarak bersih antara sayap dikurangi jari-jari sudut
- t_w = Ketebalan badan

3.9.2 Kontrol Desain Penampang Kolom

Elemen struktur yang hanya menahan gaya aksial tekan yang dinamakan kolom. Kolom menahan beban aksial melalui titik sentroid. Kolom direncanakan menggunakan profil I sesuai dengan ketentuan SNI 1729-2015 Tabel B4.1b.

a) Kuat tekan nominal kolom

Kekuatan tekan nominal (P_n) harus ditentukan berdasarkan batas dari tekuk lokal lentur (SNI 1729:2015 Pasal E3) $P_n = F_{cr} A_g$ (3.33)

Teganga kritis F_{cr} ditentukan sebagai berikut:

$$(a) \text{ Bila } \frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ atau } \frac{f_y}{f_e} \leq 2,25$$

$$F_{cr} = \left[0,658 \frac{F_y}{F_e} \right] f_y \quad (3.34)$$

$$(b) \text{ Bila } \frac{KL}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ atau } \frac{f_y}{f_e} > 2,25$$

$$F_{cr} = 0,877 F_e \quad (3.35)$$

b) Momen nominal

Momen nominal pada kolom diperhitungkan sama dengan balok dengan dua arah sumbu penampang yaitu x dan y.

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.36)$$

Keterangan :

M_u = momen lentur terfaktor

ϕ = faktor tahanan = 0,9

M_n = kuat nominal dari momen lentur penampang

Untuk profil I sesuai dengan ketentuan SNI 1729-2015 Tabel B4.1b.

Untuk Sayap (*flange*) :

- Penampang kompak ($\lambda \leq \lambda_p$) :

$$\lambda = \frac{b}{2tf} \leq \lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.37)$$

- Penampang non kompak ($\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$) :

$$\lambda_r = 1.0 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.38)$$

Untuk badan (web) :

- Penampang kompak ($\lambda \leq \lambda_p$) :

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} \leq \lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.39)$$

- Penampang non kompak ($\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$) :

$$\lambda_r = 5.70 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.40)$$

Untuk penampang I :

- Penampang kompak :

$$M_n = M_p = F_y \cdot Z_x \quad (3.41)$$

- Penampang non kompak:

$$M_n = M_p - (M_p - 0.7F_y \cdot S_x) \left(\frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \quad (3.42)$$

- Penampang langsing:

$$M_n = \frac{0,9Ek_c - S_x}{\lambda^2} \quad (3.43)$$

c) Amplifikasi Momen

Kekuatan lentur orde pertama yang diperlukan, M_r , dan ketentuan aksial, P_r , dari semua komponen struktur harus ditentukan sebagai berikut:

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_t \quad (3.44)$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_t \quad (3.45)$$

Ketrangan :

B_1 = Pengali untuk menghitung efek $P-\delta$, ditentukan untuk setiap komponen struktur yang menahan tekan dan lentur.

B_2 = Pengali untuk menghitung efek $P-\delta$, ditentukan untuk setiap tingkat dari struktur.

M_{lt} = Momen orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK.

M_{nt} = Momen orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK.

M_r = Momen lentur orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DBK.

P_{lt} = Gaya aksial orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK

P_{nt} = Gaya aksial orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK

P_r = Kekuatan aksial orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK

- **Pengali B_1 untuk Efek $P-\delta$**

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \frac{P_r}{P_{el}}} \geq 1 \quad (3.46)$$

Dengan,

$$\alpha = 1.00 \text{ (DFBK)}$$

C_m = koefisien dengan asumsi tanpa translasi lateral dari portal yang ditentukan sebagai berikut :

$$C_m = 0.6 - 0.4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \quad (3.47)$$

Dengan M_1 dan M_2 dihitung dari analisis orde pertama, adalah momen terkecil dan terbesar pada ujung-ujung dari bagian komponen.

P_{el} = Kekuatan tekuk kritis elastis komponen struktur dalam bidang lentur, dihitung berdasarkan asumsi tanpa translasi pada ujung-ujung komponen struktur.

$$P_{el} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2} \quad (3.48)$$

Dengan,

EI^* = kekakuan lentur yang diperlukan yang harus digunakan dalam analisis ($= 0.8 \tau_c EI$ bila digunakan dalam metode analisis langsung dengan τ_c adalah seperti ditetapkan pada Bab C SNI 1729:2015 untuk panjang efektif dan metode analisis orde pertama)

E = Modulus elastisitas baja 200000 MPa

I = Momen inersia bidang lentur, mm^4

L = Panjang komponen struktur, mm

K_1 = faktor panjang efektif dalam bidang lentur, dihitung berdasarkan asumsi translasi lateral pada ujung-ujung komponen struktur.

• **Pengali B_2 untuk Efek $P-\Delta$**

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e_story}}} \quad (3.49)$$

Dengan,

α = 1.00 (DFBK)

P_{story} = Beban vertikal total didukung oleh tingkat menggunakan kombinasi beban DFBK yang sesuai, termasuk beban-beban dalam kolom-kolom yang bukan merupakan bagian dari sistem perancah gaya lateral.

P_{e_story} = Kekuatan tekuk kritis elastis untuk tingkat pada arah translasi yang diperhitungkan, ditentukan dengan analisis tekuk *sidesway* atau sebagai berikut:

$$P_{e_story} = R_M \frac{HL}{\Delta_H} \quad (3.50)$$

Dengan,

$$R_M = 1 - 0.15 \left(\frac{P_{mf}}{P_{story}} \right)$$

L = Tinggi tingkat, mm

P_{mf} = Beban vertikal total pada kolom dalam tingkat yang merupakan bagian dari portal momen.

Δ_H = Simpangan tingkat dalam orde pertama.

H = Geser tingkat, dalam arah translasi harus diperhitungkan, dihasilkan oleh gaya-gaya lateral yang digunakan untuk menghitung Δ_H , N

d) Persamaan interaksi aksial momen

Interaksi beban aksial tekan dan lentur pada bidang simstris komponen struktur komposit ditentukan berdasarkan

- Untuk $\frac{P_r}{P_c} \geq 0.2$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0 \quad (3.51)$$

- Untuk $\frac{P_r}{P_c} < 0.2$

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0 \quad (3.52)$$

Keterangan :

P_r = Kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, N

M_r = Kekuatan momen perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, Nmm

ϕ_c = faktor ketahanan untuk tekan = 0.90

ϕ_b = faktor ketahanan untuk lentur = 0.90

$P_c = \phi_c P_n$ = Kekuatan aksial desain, N

$M_c = \phi_b M_n$ = Kekuatan lentur desain, Nmm

3.10 Perencanaan *Link*

3.10.1 Kuat Elemen *Link*

3.10.2 Kekuatan (geser dan lentur) batas pada elemen link ditentukan dengan persamaan berikut:

$$M_p = Z_x \cdot f_y \quad (3.52)$$

$$V_p = 0,6 f_y (h - 2t_f) t_w \quad (3.53)$$

Keterangan:

M_p = Momen plastis penampang

Z_x = Modulus plastis penampang

f_y = Tegangan leleh penampang

V_p = Gaya geser plastis penampang

h = Tinggi penampang

t_f = Tebal *flens*

t_w = Tebal *web*

Kuat geser rencana link, ϕV_n harus lebih besar daripada V_u dengan:

V_n = Kuat geser nominal *link*, diambil yang terkecil diantara V_p atau $2M_p/e$

ϕ_v = Faktor reduksi geser 0,9

e = Panjang *link*

$$\phi_v V_n = 0,6 \phi f_y (h - 2t_f) t_w \quad (3.54)$$

$$M_n = M_p \quad (3.53)$$

$$\phi M_n = M_u \quad (3.54)$$

$$\phi V_n = V_u \quad (3.55)$$

Keterangan:

M_n = Momen lentur rencana link

M_u = Momen lentur perlu

ϕ = faktor reduksi lentur 0,9

3.10.3 Panjang Elemen *Link*

Ketentuan mengenai panjang link (e) adalah sebagai berikut:

Link geser (short links):

$$e \leq 1,6M_p/V_p \quad (3.56)$$

Link medium (intermediate links):

$$1,6M_p/V_p \leq e \leq 2,6M_p/V_p \quad (3.57)$$

Link lentur (long links):

$$e \geq 2,6M_p/V_p \quad (3.58)$$

3.10.4 Sudut Rotasi *Link*

Sudut rotasi link beam seharusnya tidak melebihi nilai berikut:

- 0,08 radian untuk panjang *link* $e \leq 1,6M_p/V_p$
- 0,02 radian untuk panjang *link* $e \geq 2,6M_p/V_p$
- Interpolasi linier antara 0,08-0,02 radian jika panjang *link* $1,6M_p/V_p \leq e \leq 2,6M_p/V_p$

3.11 Perencanaan Sambungan

Kuat rencana setiap komponen sambungan tidak boleh kurang dari beban terfaktor yang dihitung. Perencanaan sambungan harus memenuhi persyaratan berikut:

- a) Gaya-dalam yang disalurkan berada dalam keseimbangan dengan gaya-gaya yang bekerja pada sambungan;
- b) Deformasi pada sambungan masih berada dalam batas kemampuan deformasi sambungan;
- c) Sambungan dan komponen yang berdekatan harus mampu memikul gaya-gaya yang bekerja padanya.

3.11.1 Sambungan Baut

- Kontrol jarak baut : (SNI 03-1729-2002 Ps. 13.4)
 - Jarak tepi minimum = 1,5db
 - Jarak tepi maksimum = (4tp + 100 mm) atau 200 mm
 - Jarak minimum antar baut = 3db
 - Jarak maksimum antar baut = 15tp atau 200 mm

- Kekuatan rencana baut

- a. Kekuatan rencana geser baut

$$\phi V_n = \phi \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot A_b \cdot m \quad (3.59)$$

Dimana :

- m = jumlah bidang geser
- r_1 = 0,50 (tanpa ulir pada bidang geser baut)
0,40 (ada ulir pada bidang geser baut)
- f_u^b = tegangan tarik putus baut
- A_b = luas bruto penampang baut

- b. Kekuatan rencana tumpu baut dengan plat

$$\phi_f Rn = \phi_f . 2 . 4 . d_b . t_p . f_u \quad (3.60)$$

Dimana :

d_b = diameter nominal baut

t_p = tebal plat

f_u = tegangan tarik putus terkecil antara baut dan plat

ϕ_f = faktor reduksi (0,75)

- Kekuatan baut memikul beban tarik

Kekuatan rencana tarik dari baut :

$$\phi_f Tn = \phi_f . 0,75 . f_u^b . A_b \quad (3.61)$$

Dimana :

f_u^b = tegangan tarik putus baut

A_b = luas bruto penampang baut

ϕ_f = faktor reduksi (0,75)

- Baut mutu tinggi tipe gesek
- a. Baut hanya menerima beban geser (V_u)

Kuat geser nominal :

$$\phi Vn = \phi . 1,13 . \mu . T_b . m \quad (3.62)$$

Dimana :

μ = koefisien geser

m = jumlah bidang geser

T_b = gaya tarik minimum

ϕ = 1 (untuk lubang standar)

0,85 (untuk lubang selot pendek dan lubang besar)

0,70 (untuk lubang selot panjang \pm arah kerja beban)

0,60 (untuk lubang selot panjang // arah kerja beban)

- b. Baut menerima beban kombinasi geser (V_u) dan tarik (T_u)
Disamping beban geser (V_u), baut juga menerima beban tarik (T_u), maka kuat geser nominal direduksi sebagai berikut :

$$Vd = \phi Vn \left[1 - \frac{Tu}{1,13Tb} \right] \quad (3.63)$$

- Sambungan Sendi (Simple Connection)

Sambungan simple connection ini direncanakan pada hubungan balok induk dengan balok anak.

- a. Baut A

Baut tipe tumpu

Kuat geser :

$$\phi Rn = 0,8.r_1.f_u^b.A_b.m \quad (3.64)$$

Dimana :

m = jumlah bidang geser

r₁ = 0,50 (tanpa ulir pada bidang geser baut)

0,40 (ada ulir pada bidang geser baut)

f_u^b = tegangan tarik putus baut

A_b = luas bruto penampang baut

Kuat tumpu :

$$\phi Rn = 0,8.2.4.F_u.d_b.t_p \quad (3.65)$$

Dimana :

d_b = diameter nominal baut

t_p = tebal plat (diambil yang terkecil dari tebal profil siku (t) dengan tebal web profil WF (tw))

f_u = tegangan tarik putus terkecil antara baut dan plat

ØRn = diambil harga terkecil dari kuat geser dan kuat tumpu.

Baut tipe gesek

$$\phi Vn = \phi.1,13.\mu.T_b.m \quad (3.66)$$

Dimana :

μ = koefisien geser (0,35)

m = jumlah bidang geser

T_b = gaya tarik minimum

Ø = 1 (untuk lubang standar)

b. Baut B

ϕR_n = diambil harga terkecil dari:

Geser : $\phi R_n = 0,8.r_1.f_u^b.A_b.m$ (3.67)

Tumpu : $\phi R_n = 0,8.2,4.F_u.d_b.t_p$ (3.68)

- Sambungan kaku (Rigid Connection)

Sambungan rigid connectio ini direncanakan pada hubungan balok induk dengan kolom.

Penerimaan beban dianggap sebagai berikut :

- Beban geser (P_u) diterima sambungan pada badab (profil dobel siku)
- Beban momen (M_u) diterima oleh sayap balok yang kemudian diteruskan ke baja, lalu ke kolom (profil T)

$$2T = \frac{M_u}{d_b} \quad (3.69)$$

Dimana :

db adalah jarak antara 2T atas dengan 2T bawah

Mu adalah momen yang bekerja pada sambungan

Akibat gaya tarik 2T pada badan atau T pada satu flens, ujung flens menumpu pada kolom mengakibatkan flens kolom menjungkit. Maka timbul gaya Q (Prying Force). Gaya pada baut bertambah Q menjadi :

$$B = T + Q \quad (3.70)$$

3.11.2 Sambungan Las

$$R_u \leq \phi R_{nw}$$

Dimana :

$$\phi_f.R_{nw} = 0,75.t_e.(0,6.f_{uw}) \text{ (las)} \quad (3.71)$$

$$\phi_f.R_{nw} = 0,75.t_e.(0,6.f_u) \text{ (bahan dasar)} \quad (3.72)$$

Keterangan :

f_{uw} = tegangan tarik putus logam las

f_u = tegangan tarik putus bahan dasar

t_e = tebal efektif las (mm)

Tabel 3.14Tebal Efektif

Tebal bagian paling tebal, t [mm]	Tebal minimum las sudut, t_e [mm]
$t \leq 7$	3
$7 < t \leq 10$	4
$10 < t \leq 15$	5
$15 < t$	6

3.12 Perencanaan Struktur Bawah

3.12.1 Perencanaan Pondasi

Pada umumnya tiang- tiang dalam fungsinya menahan beban lateral melalui sebuah poer. Poer ini sebagai penggabung dari tiang- tiang individu menjadi satu kelompok tiang dab sekaligus sebagai penyalur beban pada setiap tiang. Pada suatu perencanaan, poer dianggap kaku sehingga distribusi beban-beban luar yang melalui poer ke setiap tiang dapat dianggap linear.

1. Tiang Pancang Tunggal

Perencanaan struktur pondasi menggunakan pondasi tiang pancang. Data tanah yang digunakan adalah hasil dari SPT. Daya dukung pada pondasi tiang pancang tunggal didapatkan dengan menjumlahkan dari tahanan ujung bawah ultimit (Q_p) dan tahanan gesek ultimit (Q_s) antara dinding tiang dn tnah di sekitarnya. Daya dukung tiang dihitung menurut persamaan *Luciano Decourt*.

$$Q_L = Q_P + Q_S \quad (3.73)$$

Keterangan :

Q_L = daya dukung tnah maksimumpada pondasi

Q_P = Resistance Ultimate didasarpondasi

Q_S = Resistance Ultimate akibat lekatan lateral

Tahanan ujung ultimit (QP) dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$Q_p = q_p \cdot A_p = (N_p \cdot K) \cdot A_p \quad (3.74)$$

Tahanan gesek dinding tiang (Qs) dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q_s = q_s \cdot A_s = \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) \cdot A_s \quad (3.75)$$

Keterangan:

N_p = harga rata-rata SPT disekitar 4D atas sampai 4D bawah dasar tiang pondasi (D=diameter pondasi)

K = Koefisien karakteristik tanah

Untuk tanah lempung = 12 t/m²,

Untuk tanah lanau berlempung = 20 t/m²,

Untuk tanah lanau berpasir = 25 t/m²,

Untuk tanah pasir = 40 t/m²,

A_p = luas penampang dasar tiang

N_s = harga rata-rata SPT sepanjang tiang yang tertanam

A_s = luas selimut tiang

2. Kekuatan Bahan Tiang

Kekuatan dari beban tiang berkaitan dengan mutu bahan dan luas penampang tiang yang dipakai. Untuk tiang-tiang dari beton bertulang penulangan tiang dihitung berdasarkan suatu sistim struktur yang mungkin terjadi pada waktu pengangkatan dengan berat sendiri sebagai bebannya.

$$Q_b = \sigma_{\text{bahan}} \times A \quad (3.76)$$

σ_{bahan} = Tegangan ijin bahan

A = Luas penampang

3. Perencanaan Pondasi Tiang Grup

Perhitungan jarak tiang untuk jarak as ke as tepi pancang

$$2,5D \leq S < 3$$

untuk jarak tepi ke as tiang pancang

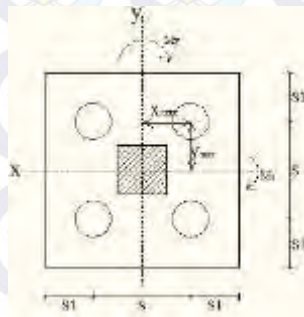
$$1,5 D < S1 < 2D$$

keterangan :

S= jarak antar tiang pancang

S1 = jarak as tiang pancang ke tepi

D = diameter tiang pancang



Gambar 3.6 Pondasi Tiang Pancang Grup

Perumusan efisiensi tiang menurut persamaan Converse-Labbare

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \quad (3.77)$$

Keterangan :

E_g = Efisiensi kelompok tiang

m = jumlah baris tiang

n = jumlah tiang dalam 1 baris

θ = $\alpha \tan d/s$, dalam derajat

s = jarak antar pusat tiang

d = diameter tiang

Perkiraan jumlah tiang pancang

$$n = \frac{\sum P}{P_{ijin}} \quad (3.78)$$

Syarat : $P_{max} < P_{ijin}$

$$P = \frac{\sum P}{n} + \frac{M_y X_{max}}{\sum x^2} + \frac{M_x Y_{max}}{\sum y^2} < P_{ijin} \quad (3.79)$$

$$P = \frac{\sum P}{n} - \frac{M_y X_{max}}{\sum x^2} - \frac{M_x Y_{max}}{\sum y^2} > 0 \quad (3.80)$$

Keterangan :

n = jumlah tiang pancang

Mx = momen yang bekerja pada arah X

My = momen yang bekerja pada arah Y

Vmax = jarak terjauh as tiang pancang terhadap sumbu X

Ymax = jarak terjauh as tiang pancang terhadap sumbu Y

$\sum x^2$ = jumlah kuadrat jarak as tiang pancang terhadap sb X

$\sum y^2$ = jumlah kuadrat jarak as tiang pancang terhadap sb y

3.12.2 Perencanaan Poer

1. Kontrol dimensi poer

Untuk merencanakan tebal poer harus memenuhi syarat, yaitu kuat geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons, dimana nilai V_c diambil dari persamaan SNI03-2847-2002 ps.13.12.2 :

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f'_c} b_0 d}{6} \quad (3.81)$$

$$V_c = \left(\frac{\alpha_2 d}{b_0} + 2\right) \frac{\sqrt{f'_c} b_0 d}{12} \quad (3.82)$$

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} b_0 d \quad (3.83)$$

Jika:

$V_u < \phi V_c \rightarrow$ Tidak perlu tul geser

$V_u > \phi V_c \rightarrow$ Tebal poer tidak mencukupi

B_c = rasio sisi panjang terhadap sisi pendek penampang kolom

α = 40 untuk kolom dalam

= 30 untuk kolom tepi

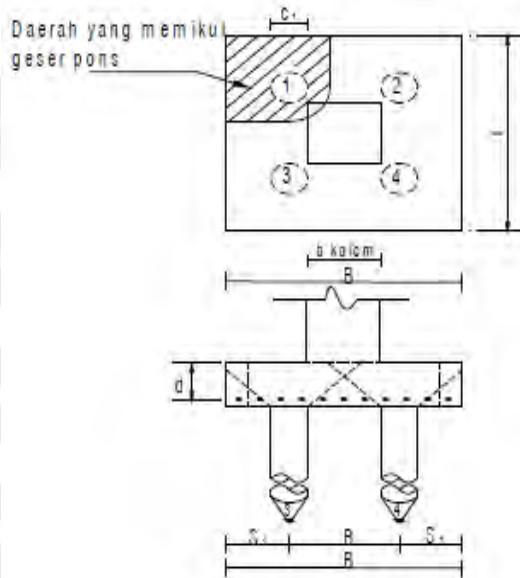
= 20 untuk kolom sudut

B_0 = parameter penampang kritis

d = tinggi manfaat pelat

2. Kontrol geser pons pada poer akibat beban aksial dari tiang pancang

Kekuatan geser pondasi di daerah sekitar tiang pancang yang dipikul harus ditentukan dengan kerja dua arah pada pelat pondasi. Penampang kritis untuk geser pons ini terletak pada sepanjang lintasan yang terletak sejauh $\frac{1}{2} d$ dari muka tiang pancang, yang mengelilingi tiang pancang yang dipikul oleh pelat pondasi. Untuk mencapai kondisi kerja balok dua arah, maka syarat jarak tiang pancang ke tepi harus lebih besar dari 1,5 kali diameter tiang pancang tersebut. Gambar 3.10 menjelaskan cara menentukan penampang kritis akibat aksial tiang pancang pada asumsi kerja dua arah.



Gambar 3.7 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Beban Aksial Tiang Pancang

3. Kontrol geser pons 2 arah

Kuat geser yang disumbangkan beton diambil terkecil

$$V_u \leq \phi V_c$$

Dimana V_c diambil nilai terkecil dari

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \frac{\sqrt{f'_c} b_0 d}{6} \quad (3.84)$$

Atau

$$V_c = \left(\frac{\alpha_2 d}{b_0} + 2 \right) \frac{\sqrt{f'_c} b_0 d}{12} \quad (3.85)$$

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} b_0 d \quad (3.86)$$

Jika:

$V_u < \phi V_c$ —————> tidak perlu tulangan geser

$V_u > \phi V_c$ —————> tebal poer tidak mencukupi

3.13 Perhitungan Sloof

3.13.1 Pondasi Sloof

Menurut Pedoman Perancangan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung 1987 pasal 2.2.8, untuk pondasi setempat dari suatu gedung harus saling berhubungan dalam 2 arah (umumnya saling tegak lurus) oleh unsur penghubung yang direncanakan terhadap gaya aksial tarik dan tekan sebesar 10% dari beban vertikal maksimum. Desain penulangan pada sloof akan direncanakan menggunakan tulangan baja, hal tersebut dilakukan karena sloof menerima kombinasi beban aksial tekan dan lentur.

3.13.2 Penulangan Lentur Sloof

Berdasarkan SNI 03-2847-2012 Pasal 21.12.3.2 Balok sloof yang didesain sebagai pengikat horizontal antara *poer* harus diporoposikan sedemikian hingga dimensi penampang terkecil harus sama dengan atau lebih besar jarak antar kolom yang disambung dibagi dengan 20, tetapi tidak perlu lebih besar dari 450. Penulangan sloof didasarkan pada kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya seperti penulangan pada kolom. Konstruksi sloof merupakan balok menerus sehingga pada perhitungan momen digunakan momen koefisien. Besarnya koefisien momen tersebut ditentukan pada SNI 03-2847-2012 Pasal 8.3.3.

Jarak minimum yang disyaratkan antar dua batang tulangan adalah 25mm. Minimum lebar tie beam yang diperlukan akan diperoleh sebagai berikut :

- 2 x penutup beton ($p = 50 \text{ mm}$)
- 2 x sengkang, $\phi_{\text{sengkang}} = 10 \text{ mm}$
- 4 x D22
- 3 kali jarak antara 25 mm

3.13.3 Penulangan Geser Sloof

Berdasarkan SNI 03-2847-2012 Pasal 11.2.1.2 penentuan kekuatan geser beton yang terbebani aksial tekan ditentukan dengan perumusan berikut :

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{P_u}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b_w \times d \quad (3.87)$$

Berdasarkan RSNI 03-2847-2012 Pasal 21.12.3 jarak antara tulangan transversal pada sloof tidak boleh kurang dari $\frac{d}{2}$ atau 300 mm

3.14 Penggambaran Hasil Perencanaan

Hasil dari perhitungan perencanaan dituangkan dalam bentuk gambar teknik menggunakan *software* AutoCAD 2010



BAB 4

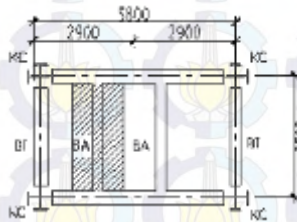
PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

4.1 Perencanaan Pelat Lantai

Perencanaan lantai yang ada pada gedung ini menggunakan Bondex dengan tabel perencanaan praktis yang ada dari PT. BRC LYSAGHT INDONESIA. Spesifikasi yang digunakan untuk perencanaan pelat lantai yaitu:

Bondex : Tebal = 0,75 mm
 Mutu Beton ($f'c$) : K-225 kg/cm^2

4.1.1 Perencanaan Pelat Lantai Atap



Gambar 4.1 Denah Pelat Lantai Atap

Beban Hidup (SNI 1727-2013) :

Lantai atap $q_{\text{Lantai}} = 0,96 \text{ kN/m}^2$

Beban Mati (ASCE 7) :

Berat aspal $= 0,1 \text{ kg/m}^2$

Berat plafon $= 0,05 \text{ kg/m}^2$

Berat *ducting* mekanikal $= 0,19 \text{ kg/m}^2 +$

$q_{\text{Dtotal}} = 0,34 \text{ kg/m}^2$

Beban Berguna :

$$Q_u = q_D + q_L$$

$$= 0,34 + 0,96$$

$$= 1,30 \text{ kN/m}^2 \approx 2,00 \text{ kN/m}^2$$

Didapat data data perencanaan pelat bondex

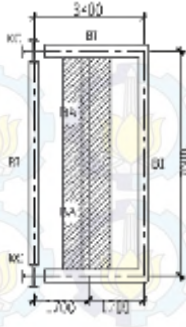
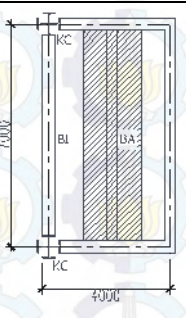
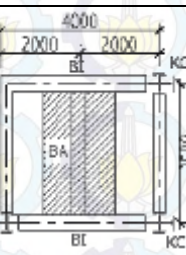
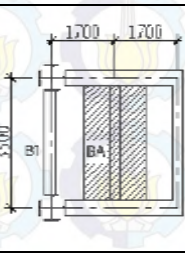
- Bentang 2,9 m
- Beban berguna = $2,00 \text{ kN/m}^2$
- Dari tabel brosur (bentang menerus dengan tulangan negatif), didapatkan :
tebal pelat 9 cm, dan tulangan negatif $2,51 \text{ cm}^2/\text{m}$
Digunakan tulangan Ø 8 ($A_s = 0,503 \text{ cm}^2$)
Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap meter adalah :

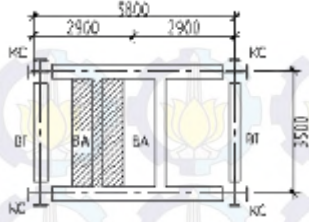
- $n = \frac{2,51}{0,503} = 4,99 \approx 5 \text{ buah}$
- Jarak antar tulangan $s = \frac{1000}{5} = 200 \text{ mm}$, maka digunakan jarak minimum
- Jadi dipasang tulangan negatif Ø 8 – 200

Terdapat 6 jenis pelat pada gedung ini, dengan perhitungan yang sama seperti perhitungan diatas maka didapat:

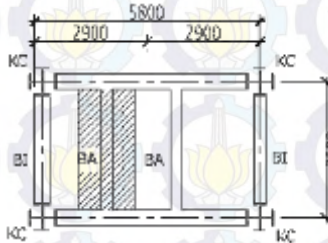
Tabel 4.1 Rekap Perhitungan Pelat Atap

Tipe Pelat	Gambar	Tebal Pelat	Tulangan Negatif
1		9 cm	Ø 8 – 250

2		9 cm	Ø 8 – 250
3		9 cm	Ø 8 – 250
4		9 cm	Ø 8 – 250
5		9 cm	Ø 8 – 250

6		9 cm	Ø 8 – 200
---	---	------	-----------

4.1.2 Perencanaan Pelat Lantai Hotel



Gambar 4.2 Denah Pelat Lantai Hotel

Beban Hidup (SNI 1727-2013) :

Lantai hotel $q_{L\text{hotel}} = 4,79 \text{ kN/m}^2$

Beban Mati (ASCE 7) :

Berat keramik + spesi $= 0,77 \text{ kN/m}^2$

Berat plafon $= 0,05 \text{ kN/m}^2$

Berat *ducting* mekanikal $= 0,19 \text{ kg/m}^2 +$

$q_{D\text{total}} = 1,01 \text{ kg/m}^2$

Beban Berguna :

Q_u
 $= q_D + q_L$
 $= 1,01 + 4,79$
 $= 5,80 \text{ kN/m}^2 \approx 6,00 \text{ kN/m}^2$

Didapat data data perencanaan pelat bondex:

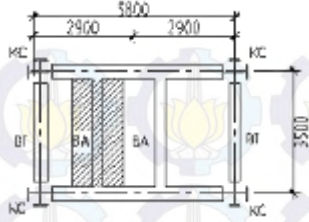
- Bentang 2,9 m
- Beban berguna = $6,00 \text{ kN/m}^2$
- Dari tabel brosur (bentang menerus dengan tulangan negatif), didapatkan :
tebal pelat 9 cm, dan tulangan negatif $3,49 \text{ cm}^2/\text{m}$
Digunakan tulangan Ø 10 ($A_s = 0,79 \text{ cm}^2$)
Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap meter adalah :
- $n = \frac{3,49}{0,503} = 6.943 \approx 7 \text{ buah}$
- Jarak antar tulangan $s = \frac{1000}{7} = 142,86 \text{ mm}$, maka digunakan jarak 150 mm
- Jadi dipasang tulangan negatif Ø 8 – 150

Terdapat 6 jenis pelat pada gedung ini, dengan perhitungan yang sama seperti perhitungan diatas maka didapat:

Tabel 4.2Rekap Perhitungan Pelat Lantai

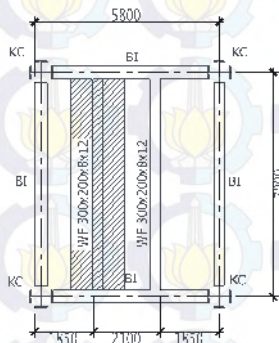
Type Pelat	Gambar	Tebal Pelat	Tulangan Negatif
1		9 cm	Ø10 – 250

2		9 cm	Ø10 – 250
3		9 cm	Ø10 – 250
4		9 cm	Ø10 – 250
5		9 cm	Ø10 – 250

6		12 cm	Ø10 – 200
---	---	-------	-----------

4.2 Perencanaan Balok Anak

4.2.1 Perencanaan Balok Anak Atap



Gambar 4.3 Denah balok anak atap

Balok anak yang terletak pada lantai atap direncanakan menggunakan profil WF 300 x 200 x 8 x 12, dengan data- data sebagai berikut:

d	= 294 mm	ix	= 12,5 cm
bf	= 200 mm	iy	= 4,71 cm
tf	= 12 mm	Zx	= 823 cm ³
tw	= 8 mm	Zy	= 244 cm ³
A	= 72,38 cm ²	Sx	= 771 cm ³
q	= 56,8 kg/m	Sy	= 160 cm ³
Ix	= 11300 cm ⁴	r	= 18 cm

➤ Beban-bekan Yang Bekerja (ASCE 7)

1. Beban Mati

Berat pelat bondek	= 0,101 kN/m ²
Berat Beton = 0,11 x 24	= 2,64 kN/m ²
Beban Plafon	= 0,05 kN/m ²
Beban Keramik + Spesi	= 0,77 kN/m ²
Berat <i>ducting</i> mekanikal	= 0,19 kN/m ² +
	<hr/>
	= 3,751 kN/m ²
3,751 kN/m ² x 2,10 m	= 7,877 kN/m
Berat Profil = 56,8 kg/m	= 0,568 kN/m
Sambungan dll (10%)	= 0,845 kN/m +
	<hr/>
	= 9,290 kN/m

2. Beban Hidup Berdasarkan SNI 1727-2013:

$$\text{Lantai Atap } q_{\text{Lantai}} = 0,96 \text{ kN/m}^2 \times 2,1 \text{ m} = 2,016 \text{ kN/m}$$

3. Beban Berfaktor

$$q_U = 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L = 1,2 \cdot 9,290 + 1,6 \cdot 2,016 = 14,37 \text{ kN/m}$$

➤ Gaya Dalam Yang Bekerja Pada Balok

- Momen:

$$M_u = \frac{1}{8} \cdot q_u \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 14,37 \cdot 7^2 = 88,04 \text{ kNm}$$

- Gaya Geser:

$$V_u = \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot L = \frac{1}{2} \cdot 14,37 \cdot 7 = 50,306 \text{ kN}$$

➤ Kontrol Kuat Momen Lentur

- Pelat sayap (SNI 1729-2015):

$$\frac{bf'}{2tf} = \frac{200}{2 \cdot 12} = 8,33$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 10,75$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

- Pelat badan SNI 1729-2015:

$$\frac{h}{tw} = \frac{234}{18} = 29,25$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 106,35$$

$$\frac{h}{tw} \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$
 $M_p = Z_x \cdot f_y$
 $= 823 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/m}^2$
 $= 2057500 \text{ kg.cm} = 20575 \text{ kg.m}$

- Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral SNI 1729-2015 :

Jarak penahan lateral (L_b) = 100 cm

$L_p = 234,465 \text{ cm}$

$L_r = 742,890 \text{ cm}$

} Dari Tabel (L_p & L_r)

$L_b < L_p < L_r \rightarrow \text{Bentang Pendek}$

$M_{nx} = M_{px} = Z_x \cdot f_y$

$$= 823 \times 1000 \text{ mm}^3 \times 250 \text{ N/mm}^2$$

$$= 205750000 \text{ Nmm}$$

$$= 205.75 \text{ kN.m}$$

$M_{ny} = M_{py} = Z_y \cdot f_y$

$$= 244 \times 1000 \text{ mm}^3 \times 250 \text{ N/mm}^2$$

$$= 61000000 \text{ Nmm}$$

$$= 61 \text{ kNm}$$

➤ Persamaan Interaksi

$$\frac{M_{ux}}{\phi_b \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b \cdot M_{ny}} \leq 1,0$$

$$\frac{88,04}{0,9 \cdot 205,75} + \frac{0}{0,9 \cdot 61} \leq 1,0 \rightarrow 0,475 < 1,0 \rightarrow (\text{OK})$$

➤ Kontrol Geser Berdasarkan SNI 1729-2015

$V_u = 50,31 \text{ kN}$

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{234}{8} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}}$$

$$\frac{h}{t_w}$$

Bila $\frac{h}{t_w} < 260$ maka $K_v = 5$

$$29,25 \geq 69,57 \rightarrow \text{Plastis}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } V_n &= 0,6 f_y A_w d t_w \\ &= 0,6 f_y (d t_w) \\ &= 0,6 \times (2500) \times (29,4 \times 0,8) \\ &= 35280 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &\geq V_u \\ \phi V_n &= 0,9 \cdot 35280 \text{ kg} \\ &= 31752 \text{ kg} > 5030,6 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

➤ Kontrol Lendutan SNI 1729-2015:

$$f_{jin} = \frac{L}{360} \rightarrow \frac{7000}{360} = 19,44 \text{ mm}$$

Lendutan akibat beban

$$f_x = \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{(qdl + qll) \cdot L^4}{E \cdot I_x} \right)$$

$$= \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{(9,290 + 2,016) \cdot 7000^4}{2 \cdot 10^5 \cdot 11300 \cdot 10^5} \right) = 15,64 \text{ mm}$$

$$f_{ijin} > f_x \rightarrow 19,44 \text{ mm} > 15,64 \text{ mm} (OK)$$

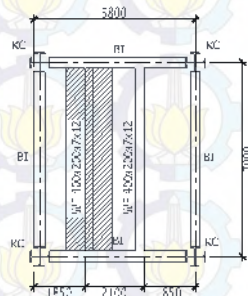
“ Profil WF 300 x 200 x 8 x 12 dapat digunakan sebagai balok anak pada lantai atap”

Terdapat 6 bentang balok anak dengan jarak antar balok anak yang berbeda pada gedung ini, dengan perhitungan yang sama seperti perhitungan diatas maka didapat:

Tabel 4.3 Rekap Dimensi Balok Anak Atap

Balok anak Lantai	Bentang		Profil yang digunakan
	Panjang balok anak (m)	Jarak antar balok anak (m)	
1	7	2.1	300 x 200 x 8 x 12
2	7	1.7	300 x 200 x 8 x 12
3	7	2	300 x 200 x 8 x 12
4	3.5	2	200 x 100 x 5.5 x 8
5	3.5	1.7	200 x 100 x 5.5 x 8
6	3.5	2.9	200 x 150 x 6 x 9

4.2.2 Perencanaan Balok Anak Lantai



Gambar 4.4 Denah Balok Anak Lantai

Balok anak yang terletak pada lantai hotel direncanakan menggunakan profil WF 400 x 200 x 7 x 11, dengan data- data sebagai berikut:

d	= 396 mm	ix	= 16,7 cm
bf	= 199 mm	iy	= 4,48 cm
tf	= 11 mm	Zx	= 1088 cm ³
tw	= 7 mm	Zy	= 222 cm ³
A	= 72,16 cm ²	Sx	= 1010 cm ³
q	= 56,6 kg/m	Sy	= 145 cm ³
Ix	= 20000 cm ⁴	r	= 16 cm

➤ Beban-bekan Yang Bekerja (ASCE 7)

4. Beban Mati

Berat pelat bondek	= 0,101 kN/m ²
Berat Beton = 0,11 x 24	= 2,64 kN/m ²
Beban Plafon	= 0,05 kN/m ²
Beban Keramik + Spesi	= 0,77 kN/m ²
Berat <i>ducting</i> mekanikal	= 0,19 kN/m ² +
	<hr/>
	= 3,751 kN/m ²
3,751 kN/m ² x 2,10 m	= 7,877 kN/m
Berat Profil = 56,6 kg/m	= 0,568 kN/m
Sambungan dll (10%)	= 0,845 kN/m +
	<hr/>
	= 9,287 kN/m

5. Beban Hidup Berdasarkan SNI 1727-2013:

$$\text{Lantai Atap } q_{\text{Latap}} = 4,79 \text{ kN/m}^2 \times 2,1 \text{ m} = 10,059 \text{ kN/m}$$

6. Beban Berfaktor

$$q_U = 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L = 1,2 \cdot 9,287 + 1,6 \cdot 10,059 = 27,24 \text{ kN/m}$$

➤ Gaya Dalam Yang Bekerja Pada Balok

- Momen:

$$Mu = \frac{1}{8} \cdot q_U \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 27,24 \cdot 7^2 = 166,84 \text{ kNm}$$

- Gaya Geser:

$$Vu = \frac{1}{2} \cdot qu \cdot L = \frac{1}{2} \cdot 27,24 \cdot 7 = 95,34 \text{ kN}$$

➤ Kontrol Kuat Momen Lentur

- Pelat sayap (SNI 1729-2015):

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{199}{2 \cdot 11} = 9,05$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 10,75$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

- Pelat badan SNI 1729-2015:

$$\frac{h}{tw} = \frac{342}{17} = 48,86$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 106,35$$

$$\frac{h}{tw} \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \cdot fy \\ &= 1088 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/m}^2 \\ &= 2720000 \text{ kg.cm} = 27200 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

➤ Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral SNI 1729-2015 :

Jarak penahan lateral (L_b) = 100 cm

$L_p = 223,016 \text{ cm}$

$L_r = 622,864 \text{ cm}$

$L_b < L_p < L_r \rightarrow \text{Bentang Pendek}$

} Dari Tabel (L_p & L_r)

$$\begin{aligned}
 M_{nx} &= M_{px} = Z_x \cdot f_y \\
 &= 1088 \times 1000 \text{ mm}^3 \times 250 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 272000000 \text{ Nmm} \\
 &= 272 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ny} &= M_{py} = Z_y \cdot f_y \\
 &= 222 \times 1000 \text{ mm}^3 \times 250 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 55500000 \text{ Nmm} \\
 &= 55,5 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

➤ Persamaan Interaksi

$$\begin{aligned}
 \frac{M_{ux}}{\phi_b \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b \cdot M_{ny}} &\leq 1,0 \\
 \frac{88,04}{0,9.272} + \frac{0}{0,9.55,5} &\leq 1,0 \rightarrow 0,681 < 1,0 \rightarrow (\text{OK})
 \end{aligned}$$

➤ Kontrol Geser Berdasarkan SNI 1729-2015

$$V_u = 95,34 \text{ kN}$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{342}{8} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}}$$

$$\text{Bila } \frac{h}{t_w} < 260 \text{ maka } K_v = 5$$

$$48,86 \geq 69,57 \rightarrow \text{Plastis}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka, } V_n &= 0,6 f_y A_w d t_w \\
 &= 0,6 f_y (d t_w) \\
 &= 0,6 \times (2500) \times (39,6 \times 0,7) \\
 &= 41580 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_n &= 0,9 \cdot 41580 \text{ kg} \\
 &= 37422 \text{ kg} > 9534 \text{ kg} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

➤ Kontrol Lendutan SNI 1729-2015:

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} \rightarrow \frac{7000}{360} = 19,44 \text{ mm}$$

Lendutan akibat beban

$$f_x = \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{(qdl + qll) \cdot L^4}{E \cdot I_x} \right)$$

$$f_x = \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{(qdl + qll) \cdot L^4}{E \cdot I_x} \right)$$

$$= \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{(9,287 + 10,059) \cdot 7000^4}{2 \cdot 10^5 \cdot 20000 \cdot 10^5} \right)$$

$$= 15,12 \text{ mm}$$

$$f_{ijin} > f_x \rightarrow 19,44 \text{ mm} > 15,12 \text{ mm} (OK)$$

“ Profil WF 400 x 200 x 7 x 11 dapat digunakan sebagai balok anak pada lantai atap”

Terdapat 6 bentang balok anak dengan jarak antar balok anak yang berbeda pada gedung ini, dengan perhitungan yang sama seperti perhitungan diatas maka didapat:

Tabel 4.4 Rekap Dimensi Balok Anak Lantai Hotel

Balok anak Lantai	Bentang		Profil yang digunakan
	Panjang balok anak (m)	Jarak antar balok anak (m)	
1	7	2.1	400 x 200 x 7 x 11
2	7	1.7	400 x 200 x 7 x 11
3	7	2	400 x 200 x 7 x 11
4	3.5	1.7	200 x 100 x 5.5 x 8
5	3.5	2	200 x 100 x 5.5 x 8
6	3.5	2.9	200 x 150 x 6 x 9

4.3 Perencanaan Balok Penggantung Lift 2 Car

4.3.1 Spesifikasi Lift

1. Lift Penumpang

Pada perencanaan balok lift meliputi balok- balok yang berkaitan dengan ruang mesin lift yaitu terdiri dari balok penumpu dan balok penggantung lift. Pada bangunan ini menggunakan lift penumpang dengan data- data sebagai berikut:

Tipe lift : *Passenger Elevators*

Merk : HYUNDAI

Kapasitas : 13 Orang /900 kg

Lebar pintu (*opening width*) : 900 mm

Dimensi ruang luncur (*hoistway inside*) 2 Car : 4200x1950 mm²

Dimensi sangkar (*Car size*)

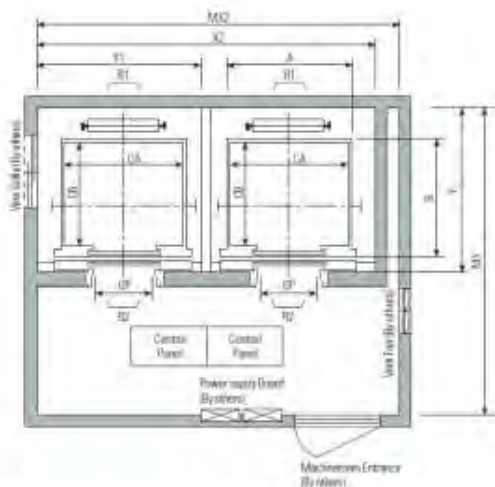
Internal : 1600x1350 mm²

Eksternal : 1660x1505 mm²

Dimensi ruang mesin (2 Car) : 5250 x 3800 mm²

Beban reaksi ruang mesin : $R_1 = 5100 \text{ kg}$

$R_2 = 3750 \text{ kg}$



Gambar 4.5 Lift



Gambar 4.6*Hoistway Section*

4.3.2 Rencana Balok Penggantung Lift

Balok penggantung lift direncanakan menggunakan profil WF 300 x 150 x 6,5 x 9, dengan data- data sebagai berikut:

d	= 300 mm	ix	= 12,4 cm
bf	= 150 mm	iy	= 3,29 cm
tf	= 9 mm	Zx	= 522 cm ³
tw	= 6,5 mm	Zy	= 104 cm ³
A	= 46,78 cm ²	Sx	= 481 cm ³
q	= 36,7 kg/m	Sy	= 67,7 cm ³
Ix	= 7210 cm ⁴	r	= 13 cm
Iy	= 508 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
Fy	= 250 Mpa (BJ-41)		= 256 mm

- **Pembebanan Balok Penggantung Lift**

- **Beban mati**

Berat profil balok penggantung lift = 36,70 kg/m

Berat sambungan (10%) = 3,67 kg/m

qd = 40,37 kg/m

- **Beban hidup**

Digunakan beban hidup untuk *maintenance*

Beban hidup terpusat (P) = 100 kg

- **Beban merata ultimate**

$qu = 1,2 \times qd + 1,6 \times P$

$= (1,2 \times 40,37) + (1,6 \times 100) = 208,44 \text{ kg/m}$

- **Beban terpusat lift**

Pada pasal 4.7 Impact load RSNI-03-1727 (Peraturan Pembebanan Untuk Bangunan Rumah dan Gedung) menyatakan bahwa semua beban elevator harus ditingkatkan 100% untuk beban kejut dan tumpuan struktur harus direncanakan berdasarkan beban lendutan atau spesifikasi teknik dari pembuat.

Pada tabel perencanaan lift diperoleh:

$PU_1 = R_1 \cdot (1+100\%)$

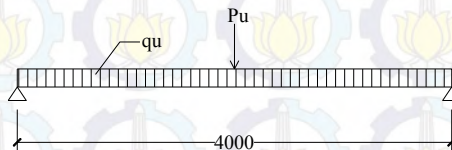
$= 5100 \times (1+100\%) = 10200 \text{ kg}$

$PU_2 = R_2 \cdot (1+100\%)$

$= 3700 \times (1+100\%) = 7500 \text{ kg}$

Dipilih beban PU terbesar = 10200 kg

- **Perhitungan Gaya Dalam Balok Penggantung Lift**



Gambar 4.7 Pembebanan Pada Balok Penggantung Lift

- Reaksi perletakan

$$\begin{aligned} R_a = R_b &= \frac{1}{2} \times qu \times L + \frac{1}{2} \times Pu \\ &= \frac{1}{2} \times 208,44 \times 4 + \frac{1}{2} \times 10200 \\ &= 5516,89 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Momen maksimum

$$\begin{aligned} M_{max} &= 1/8 \cdot qu \cdot L^2 + 1/4 \cdot Pu \cdot L \\ &= \frac{1}{8} \times 208,44 \times 4^2 + \frac{1}{4} \times 10200 \times 4 \\ &= 10616,9 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Gaya geser

$$\begin{aligned} V_u &= R_a \\ &= 5516,89 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kontrol Kuat Momen Lentur

- Pelat sayap:

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{150}{2 \cdot 9} = 8,33$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = 10,75$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

- Pelat badan:

$$\frac{h}{tw} = \frac{256}{6,5} = 39,38$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = 106,25$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

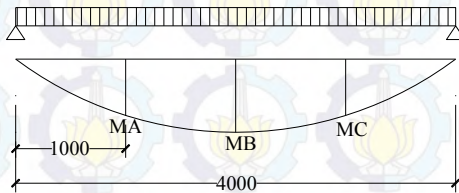
- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$
 $M_p = Z_x \cdot f_y$
 $= 522 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/m}^2$
 $= 1305000 \text{ kg.cm} = 13050 \text{ kg.m}$

- Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral
 Jarak penahan lateral (L_b) = 400 cm
 $L_p = 163,78 \text{ cm}$
 $L_r = 478,20 \text{ cm}$ } Dari Tabel (L_p & L_r)

$L_p < L_b < L_r \rightarrow$ Bentang Menengah

Karena bentang menengah, maka:

$$M_n = C_b \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} \right] \leq M_p$$



Gambar 4.8 Diagram Momen Balok Penggantung Lift

$$\begin{aligned} M_A &= M_C \\ &= R_A \times (L/4) - q_u \times (L/4) \times (L/8) \\ &= 5516,89 \times 1 - 208,44 \times 1 \times 0,5 \\ &= 5412,67 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_B &= M_{\text{Max}} \\ &= 10616,9 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{\text{max}}}{2,5 M_{\text{max}} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,3$$

$$= \frac{12,5 \cdot 11216,9}{2,5 \cdot 10616,9 + 3 \cdot 5412,67 + 4 \cdot 10616,9 + 3 \cdot 5412,67}$$

$$= 1,31 \leq 2,3 \rightarrow Cb = 1,31$$

$$M_p = Z_x \cdot f_y$$

$$= 522 \cdot 2500 = 1305000 \text{ kg.cm} = 13050 \text{ kg.m}$$

$$M_r = S_x \cdot (f_y - f_r)$$

$$= 481 \cdot (2500 - 700) = 865800 \text{ kg.cm} = 8658 \text{ kg.m}$$

$$M_n = Cb \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} \right] \leq M_p$$

$$= 1,31 \left[8658 + (13050 - 8658) \frac{478,2 - 400}{478,2 - 163,78} \right]$$

$$= 12750,33 \text{ kg.m} < M_p \rightarrow \text{Maka dipakai } M_n$$

Cek kemampuan Penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 12750,33 \text{ kg.m}$$

$$= 11475,30 \text{ kg.m} \geq 10616,9 \text{ kg.m}$$

- Kontrol Geser

$$V_u = 5516,89 \text{ kg}$$

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{256}{6,5} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

$$39,38 \leq 69,57 \rightarrow \text{Plastis}$$

$$\text{Maka, } V_n = 0,6 f_y A_w$$

$$= 0,6 \times 2500 \times (30 \times 0,65) = 29250 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 29250 \text{ kg}$$

$$= 26325 \text{ kg} > 5519,89 \text{ kg (OK)}$$

- Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} \rightarrow \frac{400}{360} = 1,11 \text{ cm}$$

Lendutan akibat beban

$$f^o = \frac{5((qdl + qll)/100)l^4}{384 \cdot EI_x} + \frac{P \cdot l^3}{48EI_x}$$

$$f^o = \frac{5 \times ((40,37 + 100)/100) \times 400^4}{384 \times 2 \times 10^6 \times 7210} + \frac{10200 \times 400^3}{48 \times 2 \times 10^6 \times 7210}$$

$$= 0,98 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} > f^o \rightarrow 0,98 \text{ cm} < 1,11 \text{ cm} (OK)$$

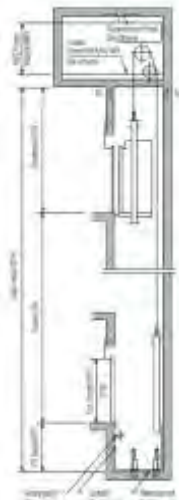
Profil WF 300 x 150 x 6,5 x 9 dapat digunakan sebagai balok penggantung lift

2. Lift Barang

Pada perencanaan balok lift meliputi balok- balok yang berkaitan dengan ruang mesin lift yaitu terdiri dari balok penumpu dan balok penggantung lift. Pada bangunan ini menggunakan lift barang dengan data- data sebagai berikut:

Tipe lift	: <i>Passenger Elevators</i>
Merk	: HYUNDAI
Kapasitas	: 6 Orang / 450 kg
Lebar pintu (<i>opening width</i>)	: 700 mm
Dimensi ruang luncur (<i>hoistway inside</i>) 1 Car	: 1550x17000 mm ²
Dimensi sangkar (<i>Car size</i>)	
Internal	: 1100x1100 mm ²
Eksternal	: 1160x1250 mm ²
Dimensi ruang mesin (<i>1 Car</i>)	: 1800 x 3450 mm ²
Beban reaksi ruang mesin	: R ₁ = 3600 kg
	: R ₂ = 2000 kg

Gambar 4.10*Hoistway Section*



4.3.3 Rencana Balok Penggantung Lift

Balok penggantung lift direncanakan menggunakan profil WF 300 x 150 x 6,5 x 9, dengan data- data sebagai berikut:

d	= 300 mm	ix	= 12,4 cm
bf	= 150 mm	iy	= 3,29 cm
tf	= 9 mm	Zx	= 522 cm ³
tw	= 6,5 mm	Zy	= 104 cm ³
A	= 46,78 cm ²	Sx	= 481 cm ³
q	= 36,7 kg/m	Sy	= 67,7 cm ³
Ix	= 7210 cm ⁴	r	= 13 cm
Iy	= 508 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
Fy	= 250 Mpa (BJ-41)		= 256 mm

- Pembebanan Balok Penggantung Lift

- Beban mati

Berat profil balok penggantung lift = 36,70 kg/m

Berat sambungan (10%) = 3,67 kg/m

qd = 40,37 kg/m

- Beban hidup

Digunakan beban hidup untuk *maintenance*

Beban hidup terpusat (P) = 100 kg

- Beban merata ultimate

qu = 1,2 x qd + 1,6 x P

= (1,2 x 40,37) + (1,6 x 100) = 208,44 kg/m

- Beban terpusat lift

Pada pasal 4.7 Impact load RSNI-03-1727 (Peraturan Pembebanan Untuk Bangunan Rumah dan Gedung) menyatakan bahwa semua beban elevator harus ditingkatkan 100% untuk beban kejut dan tumpuan struktur harus direncanakan berdasarkan beban lendutan atau spesifikasi teknik dari pembuat.

Pada tabel perencanaan lift diperoleh:

$PU_1 = R_1 \cdot (1+100\%)$

= 3600 x (1+100%) = 7200 kg

$$\begin{aligned}
 PU_2 &= R_2 \cdot (1+100\%) \\
 &= 2000 \times (1+100\%) = 4000 \text{ kg} \\
 \text{Dipilih beban PU terbesar} &= 7200 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan Gaya Dalam Balok Penggantung Lift



Gambar 4.11 Pembebanan Pada Balok Penggantung Lift

- Reaksi perletakan

$$\begin{aligned}
 Ra = Rb &= \frac{1}{2} \times qu \times L + \frac{1}{2} \times Pu \\
 &= \frac{1}{2} \times 208,44 \times 4 + \frac{1}{2} \times 7200 \\
 &= 3787,6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Momen maksimum

$$\begin{aligned}
 M_{max} &= 1/8 \cdot qu \cdot L^2 + 1/4 \cdot Pu \cdot L \\
 &= \frac{1}{8} \times 208,44 \times 4^2 + \frac{1}{4} \times 7200 \times 1,8 \\
 &= 3324,42 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

- Gaya geser

$$Vu = Ra = 3787,6 \text{ kg}$$

- Kontrol Kuat Momen Lentur

- Pelat sayap:

$$\begin{aligned}
 \frac{bf}{2tf} &= \frac{150}{2 \cdot 9} = 8,33 \\
 \lambda_p &= \frac{170}{\sqrt{fy}} = 10,75
 \end{aligned}$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

- Pelat badan:

$$\frac{h}{tw} = \frac{256}{6,5} = 39,38$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{fy}} = 106,25$$

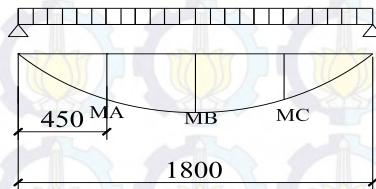
$$\frac{h}{tw} < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \cdot f_y \\ &= 522 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/m}^2 \\ &= 1305000 \text{ kg.cm} = 13050 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral
Jarak penahan lateral (L_b) = 180 cm
 $L_p = 163,78 \text{ cm}$ } Dari Tabel (L_p & L_r)
 $L_r = 478,20 \text{ cm}$
 $L_p < L_b < L_r \rightarrow$ Bentang Menengah
 Karena bentang menengah, maka:

$$M_n = C_b \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} \right] \leq M_p$$



Gambar 4.12 Diagram Momen Balok Penggantung Lift

$$\begin{aligned}
 M_A &= M_C \\
 &= R_A \times (L/4) - q_u \times (L/4) \times (L/8) \\
 &= 5816,89 \times 1,8/4 - 208,44 \times 1,8/4 \times 0,5 \\
 &= 1683,42 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_B &= M_{\text{Max}} \\
 &= 3324,42 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cb &= \frac{12,5 M_{\text{max}}}{2,5 M_{\text{max}} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,3 \\
 &= \frac{12,5 \cdot 3324,42}{2,5 \cdot 3324,42 + 3 \cdot 1683,42 + 4 \cdot 3324,42 + 3 \cdot 1683,42} \\
 &= 1,31 \leq 2,3 \rightarrow Cb = 1,31
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_p &= Z_x \cdot f_y \\
 &= 522 \cdot 2500 = 1305000 \text{ kg.cm} = 13050 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_r &= S_x \cdot (f_y - f_r) \\
 &= 481 \cdot (2500 - 700) = 865800 \text{ kg.cm} = 8658 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= Cb \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} \right] \\
 &= 1,31 \left[8658 + (13050 - 8658) \frac{478,2 - 180}{478,2 - 163,78} \right] \\
 &= 12778,15 \text{ kg.m} < M_p \rightarrow \text{Maka dipakai } M_n
 \end{aligned}$$

Cek kemampuan Penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned}
 \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \times 12778,15 \text{ kg.m} \\
 &= 11500,33 \text{ kg.m} \geq 3324,42 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

- Kontrol Geser

$$V_u = 5816,89 \text{ kg}$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{256}{6,5} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

$$39,38 \leq 69,57 \rightarrow \text{Plastis}$$

$$\begin{aligned}\text{Maka, } V_n &= 0,6 f_y A_w \\ &= 0,6 \times 2500 \times (30 \times 0,65) = 29250 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\begin{aligned}\emptyset V_n &= 0,9 \cdot 29250 \text{ kg} \\ &= 26325 \text{ kg} > 4616,89 \text{ kg (OK)}\end{aligned}$$

- Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} \rightarrow \frac{180}{360} = 0,5 \text{ cm}$$

Lendutan akibat beban

$$\begin{aligned}f^o &= \frac{5((qdl + qll)/100)l^4}{384 \cdot EI_x} + \frac{P \cdot l^3}{48 EI_x} \\ f^o &= \frac{5 \times ((40,37 + 100)/100) \times 180^4}{384 \times 2 \times 10^6 \times 7210} + \frac{10800 \times 180^3}{48 \times 2 \times 10^6 \times 7210} \\ &= 0,81 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$f_{ijin} > f^o \rightarrow 0,5 \text{ cm} > 0,81 \text{ cm (OK)}$$

Profil WF 300 x 150 x 6,5 x 9 dapat digunakan sebagai balok penggantung lift

4.4 Perencanaan Tangga Dan Bordes

Tangga adalah sebuah konstruksi yang dirancang untuk menghubungkan dua tingkat vertikal yang memiliki jarak satu sama lain. Pada gedung hotel Fave ini struktur tangga direncanakan menggunakan konstruksi dari baja.

Data Teknis Tangga

Mutu baja	= BJ-41
Tinggi antar lantai	= 300 cm
Tinggi bordes	= 150cm
Panjang tangga	= 270 cm
Lebar tangga	= 165 cm

Lebar bordes = 100 cm
 Lebar injakan (i) = 30 cm
 Lebar pegangan tangga = 20 cm

4.4.1 Perencanaan Tangga

Persyaratan-persyaratan jumlah injakan tangga

$$60 \text{ cm} \leq (2t + i) \leq 65 \text{ cm}$$

$$25^{\circ} < a < 40^{\circ}$$

Dimana :

t = tinggi injakan (cm)

i = lebar injakan (cm)

a = kemiringan tangga

- Perhitungan Jumlah Injakan dan Kemiringan Tangga

Tinggi injakan (t) = 16 cm

$$\text{Jumlah tanjakan} = \frac{(300 / 2)}{16} = 9,375 \text{ buah} = 10 \text{ buah}$$

$$\text{Jumlah injakan (n)} = 10 - 1 = 9 \text{ buah}$$

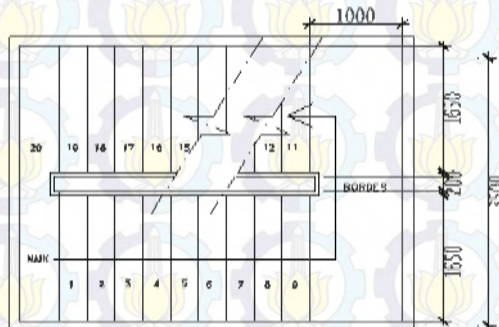
$$60 \text{ cm} \leq (2 \times 16 + 30) \leq 65 \text{ cm}$$

$$60 \text{ cm} < (62) < 65 \text{ cm (OK)}$$

Lebar bordes = 100 cm

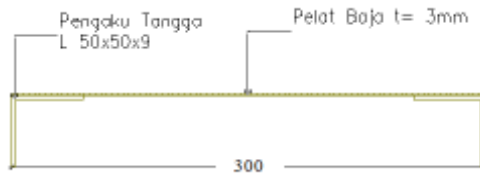
Lebar tangga = 165 cm

$$a = \arctan \frac{(300 / 2)}{270} = 29,05^{\circ}$$



Gambar 4.13 Denah Tangga

- Perencanaan Anak Tangga



Gambar 4.14 Pelat Anak Tangga

- Perencanaan Tebal Anak Tangga

Tebal pelat tangga = 3 mm

Berat jenis baja = 7850 kg/m^3

Mutu baja BJ 41 $\rightarrow f_y = 2500 \text{ kg/m}^2$

-

Perencanaan pembebanan pelat

tangga

Beban mati

Berat pelat = $0,003 \times 1,65 \times 7850 = 38,85 \text{ kg/m}$

Alat penyambung (10%) = $3,88 \text{ kg/m}$ +

$q_D = 42,74 \text{ kg/m}$

Beban hidup

$q_L = 300 \times 1,65 = 495 \text{ kg/m}$

-

Perhitungan M_D dan M_L

$M_D = 1/8 q_D l^2 = 1/8 \times 42,74 \times 0,3^2 = 0,48 \text{ kg.m}$

$M_L = 1/8 q_L l^2 = 1/8 \times 495 \times 0,3^2 = 5,56 \text{ kg.m}$

$M_L = 1/4 P_L l = 1/4 \times 100 \times 0,3 = 7,5 \text{ kg.m}$ (menentukan)

-

Perhitungan kombinasi

pembebanan M_U

$M_U = 1,4 M_D = 1,4 \times 0,48 \text{ kgm} = 0,67 \text{ kg.m}$

$M_U = 1,2 M_D + 1,6 M_L = 1,2 \times 0,48 + 1,6 \times 7,5$

= $12,57 \text{ kg.m}$ (menentukan)

- Kontrol momen lentur

$Z_x = \frac{1}{4} b h^2 = 0,25 \times 165 \times 0,3^2 = 3,71 \text{ cm}^3$

$\phi M_n = \phi Z_x \cdot f_y$

= $0,9 \cdot 3,71 \cdot 2500 = 8353,13 \text{ kg.cm} = 83,53 \text{ kg.m}$

Syarat : $\phi M_n > M_u$

$$83,53 \text{ kg.m} > 12,57 \text{ kg.m (OK)}$$

- Kontrol lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{30}{360} = 0,083$$

$$I_x = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 165 \times 0,3^3 = 0,34 \text{ cm}^4$$

$$f^o = \frac{5 \left(\frac{(qdl + qll)}{100} \right) l^4}{384 \cdot EI_x}$$

$$= \frac{5 \left((42,74 + 495) / 100 \right) \cdot 30^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 0,34} = 0,083$$

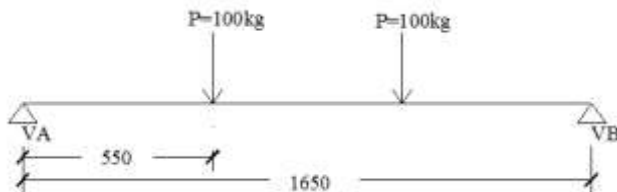
$$f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,076 < 0,083 \text{ cm}$$

4.4.2 Perencanaan Pengaku Anak Tangga

Direncanakan menggunakan profil siku 45 x 45 x 5 dengan data sebagai berikut :

$b = 50 \text{ mm}$	$I_x = 17,9 \text{ cm}^4$	$Z_x = 5,2 \text{ cm}^3$
$tw = 9 \text{ mm}$	$I_y = 17,9 \text{ cm}^4$	$i_x = 1,47 \text{ cm}$
$W = 6,7 \text{ 4kg/m}$	$A = 8,24 \text{ cm}^2$	$i_y = 1,47 \text{ cm}$

- Perencanaan pembebanan



Gambar 4.15 Model Pembebanan Pelat Tangga

Beban mati (1/2 lebar injakan)

$$\text{Berat pelat} = (0,3, 0,5) \cdot 0,003 \cdot 7850 = 3,53 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat baja siku } 50 \times 50 \times 9 = 6,74 \text{ kg/m} +$$

$$= 10,27 \text{ kg/m}$$

$$\text{Alat penyambung (10\%)} = 1,02 \text{ kg/m} +$$

$$q_D = 11,29 \text{ kg/m}$$

Beban hidup (1/2 lebar injakan)

$$q_L = 300 \times (0,3 \times 0,5) = 45 \text{ kg/m}$$

$$p_L = 100 \text{ kg}$$

- Perhitungan M_D dan M_L

$$M_D = 1/8 \times q_D \times L^2$$

$$= 1/8 \times 11,29 \times 1,65^2$$

$$= 3,84 \text{ kg.m}$$

$$M_L = 1/8 \times q_L \times L^2 \rightarrow \text{akibat beban merata}$$

$$= 1/8 \times 45 \times 1,65^2$$

$$= 15,31 \text{ kg.m}$$

$$M_L = 1/3 \times P \times L \rightarrow \text{akibat beban terpusat}$$

$$= 1/3 \times 100 \times 1,65$$

$$= 55 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 1,2(1/2 \times q_D \times 1,65) + 1,6(1/2 \times P \times 2)$$

$$= 1,2(1/2 \times 11,29 \times 1,65) + 1,6(1/2 \times 100 \times 2)$$

$$= 171,187 \text{ kg}$$

- Perhitungan kombinasi pembebanan M_U

$$M_U = 1,2 M_D + 1,6 M_L$$

$$= 1,2 \times 3,84 + 1,6 \times 55 = 92,61 \text{ kg.m}$$

- Kontrol penampang profil

Pelat sayap :

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{50}{9} = 5,56$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ penampang kompak}$$

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} Z_x &= (t_w \times d) \frac{1}{2} d + (t_w(b-t_w)) \frac{1}{2} t_w \\ &= (0,9 \times 5) \frac{1}{2} \times 5 + (0,9 \times (0,5 - 0,9)) \frac{1}{2} \times 0,9 \\ &= 12,910 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \times Z_x = 2500 \cdot 12,910 \\ &= 32276,3 \text{ kg.cm} \\ &= 322,763 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &\geq M_u \\ \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \times 322,763 \\ &= 290,5 \text{ kg.m} \geq 92,61 \text{ kg.m (OK)} \end{aligned}$$

- Kontrol kuat geser

$$\frac{h}{t} = \frac{(50-9)}{5} = 4,55 ; \frac{1100}{\sqrt{f_y}} = \frac{1100}{\sqrt{250}} = 69,57$$

$$\frac{h}{t} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \text{plastis}$$

$$\begin{aligned} \text{maka } V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \\ &= 0,6 \times 2500 \times (5 \times 0,9) \\ &= 6750 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &\geq V_u \\ \phi V_n &= 0,9 \times 6750 \text{ kg} \\ &= 6075 \text{ kg} \geq 171,187 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

- Kontrol lendutan

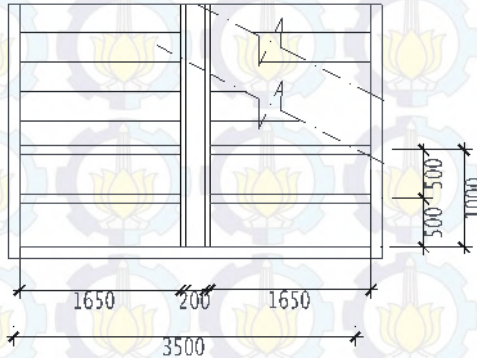
$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{165}{240} = 0,68$$

$$f^o = \frac{5((qdl + qll)/100)l^4}{384 \cdot EI_x} + \frac{23}{648} \frac{P \cdot l^3}{EI_x}$$

$$\begin{aligned} f^o &= \frac{5((11,29 + 45)/100)165^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 17,9} + \frac{23}{648} \frac{100 \cdot 165^3}{2 \cdot 10^6 \cdot 17,9} \\ &= 0,59 \end{aligned}$$

$$f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,59 \text{ cm} < 0,68 \text{ cm (OK)}$$

4.4.3 Perencanaan Bordes



Gambar 4.16 Denah Bordes

4.4.3.1 Pelat Bordes

Tebal pelat bordes = 5 mm

Berat jenis baja = 7850 kg/m³

Mutu baja BJ 41 → f_y = 2500 kg/m²

- Perencanaan pembebanan pelat bordes

Beban mati

Berat pelat = $0,005 \times 1,65 \times 7850 = 64,76$ kg/m

Alat penyambung (10%) = 6,47 kg/m +
 $q_D = 71,23$ kg/m

Beban hidup

$q_L = 300 \text{ kg/m}^2 \times 1,65 \text{ m} = 495 \text{ kg.m}$

- Perhitungan M_D dan M_L

$M_D = 1/8 \times q_D \times l^2$
 $= 1/8 \times 71,23 \times (0,5)^2 = 2,22 \text{ kg.m}$

$M_L = 1/8 \times q_L \times l^2$
 $= 1/8 \times 495 \times (0,5)^2 = 15,46 \text{ kg.m}$

- Kombinasi pembebanan M_U

$$M_U = 1,2 M_D + 1,6 M_L = 1,2 \times 2,22 + 1,6 \times 15,46 = 27,42 \text{ kg.m}$$

- Kontrol momen lentur

$$Z_x = \frac{1}{4} b h^2 = \frac{1}{4} \times 165 \times 0,5^2 = 10,31 \text{ cm}^3$$

$$M_n = Z_x \cdot f_y$$

$$= 10,31 \times 2500$$

$$= 25781 \text{ kg.cm} = 257,813 \text{ kg.m}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 257,813$$

$$= 232 \text{ kgcm} \geq 27,421 \text{ kgcm (OK)}$$

- Kontrol lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{50}{240} = 0,21$$

$$I_x = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 165 \times 0,5^3 = 1,71 \text{ cm}^4$$

$$f^o = \frac{5 \left(\frac{(qdl + qll)}{100} \right) l^4}{384 \cdot EI_x}$$

$$= \frac{5 \left(\frac{(71,23 + 3495)}{100} \right) \cdot 50^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 1,71} = 0,13$$

$$f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,13 \text{ cm} < 0,21 \text{ cm}$$

4.4.3.2 Perencanaan Balok Bordes

Direncanakan memakai profil WF 100 x 50 x 5 x 7

$$d = 100 \text{ mm}$$

$$i_x = 3,98 \text{ cm}$$

$$b_f = 50 \text{ mm}$$

$$i_y = 1,12 \text{ cm}$$

$$t_f = 7 \text{ mm}$$

$$Z_x = 42 \text{ cm}^3$$

$$t_w = 5 \text{ mm}$$

$$Z_y = 9 \text{ cm}^3$$

$$A = 11,85 \text{ cm}^2$$

$$S_x = 37,5 \text{ cm}^3$$

$$q = 9,3 \text{ kg/m}$$

$$S_y = 5,91 \text{ cm}^3$$

$$I_x = 187 \text{ cm}^4$$

$$r = 16 \text{ cm}$$

$$\begin{array}{ll} I_y &= 14,8 \text{ cm}^4 & h &= d - 2(tf+r) \\ F_y &= 250 \text{ Mpa (BJ-41)} & &= 342 \text{ mm} \end{array}$$

- Perencanaan pembebanan balok bordes

Beban mati

$$\text{Berat pelat} = 0,005 \times 0,5 \times 7850 = 19,63 \text{ kg/m}$$

$$\begin{array}{rcl} \text{Berat profil} & & = 9,3 \text{ kg/m} + \\ & & = 28,93 \text{ kg/m} \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} \text{Berat sambungan dll 10\%} & & = 2,89 \text{ kg/m} + \\ & q_D & = 31,82 \text{ kg/m} \end{array}$$

Beban hidup

Lantai hotel

$$(\text{Tabel 3.1 PPIUG 1983}) = 300 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Total beban hidup } (q_L) = 0,5 \times 300 = 150 \text{ kg/m}$$

Perhitungan gaya dalam

$$\begin{array}{lcl} V_D &= \frac{1}{2} \cdot q_D \cdot L \\ &= \frac{1}{2} \times 31,82 \times 1,2 \\ &= 26,25 \text{ kg} \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} M_D &= \frac{1}{8} \cdot q_D \cdot L^2 \\ &= \frac{1}{8} \times 31,82 \times (1,2)^2 \\ &= 10,83 \text{ kg.m} \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} V_L &= \frac{1}{2} \times q_L \times L \\ &= \frac{1}{2} \times 150 \times 1,65 \\ &= 123,75 \text{ kg} \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} M_L &= \frac{1}{8} \times q_L \times L^2 \\ &= \frac{1}{8} \times 150 \times (1,65)^2 \\ &= 51,05 \text{ kg.m} \end{array}$$

- Kombinasi pembebanan

$$\begin{array}{lcl} V_U &= 1,2V_D + 1,6V_L \\ &= 1,2(26,25) + 1,6(123,75) = 229,50 \text{ kg} \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} M_U &= 1,2 M_D + 1,6 M_L \\ &= 1,2(10,83) + 1,6(51,05) = 94,67 \text{ kg.m} \end{array}$$

- Kontrol penampang

Pelat sayap :

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{50}{2 \times 7} = 3,57$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Pelat badan :

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{100 - 2(8 + 7)}{5} = 14$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,25$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 42 \\ &= 105000 \text{ kg.cm} \\ &= 1050 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \times 1050 \\ &= 945 \text{ kg.m} \geq 94,67 \text{ kg.m (OK)} \end{aligned}$$

- Kontrol kuat geser

$$V_u = 229,50 \text{ kg}$$

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{70}{5} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

$$14 \leq 69,57 \rightarrow \text{Plastis}$$

$$\text{Maka, } V_n = 0,6 f_y A_w$$

$$= 0,6 \times 2500 \times (10 \times 0,5) = 7500 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 7500 \text{ kg} = 6750 \text{ kg} > 229,50 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} \rightarrow \frac{165}{240} = 0,68 \text{ cm}$$

Lendutan akibat beban

$$\begin{aligned} f_x &= \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{(qdl + qll) \cdot L^4}{E \cdot I_x} \right) \\ &= \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{(31,82 + 150) \cdot 10^{-2} \cdot 165^4}{2 \cdot 10^6 \cdot 187} \right) \\ &= 0,047 \text{ cm} \\ f_{ijin} &> f_x \rightarrow 0,68 \text{ cm} > 0,047 \text{ cm (OK)} \end{aligned}$$

Maka, profil WF 100 x 50 x 5 x 7 dapat digunakan sebagai balok bordes pada anak tangga

4.4.4 Balok Utama Tangga

Balok utama tangga dianalisa dengan anggapan terletak di atas dua tumpuan sederhana dengan menerima beban merata yang berasal dari berat sendiri dan beban dari anak tangga. Balok utama direncanakan menggunakan profil WF 200 x 100 x 4,5 x 7, dengan spesifikasi sebagai berikut:

d	= 198 mm	ix	= 8,26 cm
bf	= 99 mm	iy	= 2,21 cm
tf	= 7 mm	Zx	= 170 cm ³
tw	= 4,5 mm	Zy	= 35 cm ³
A	= 23,18 cm ²	Sx	= 160 cm ³
q	= 18,2 kg/m	Sy	= 23 cm ³
Ix	= 1580 cm ⁴	r	= 11 cm
Iy	= 114 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
Fy	= 250 Mpa (BJ-41)		= 162 mm

- Perencanaan Pembebanan Anak Tangga

Beban mati (anak tangga)

$$\text{Berat pelat } 0,003 \times (1,65 \times 0,5) \times 7850 = 19,43 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat profil siku } 6,74 \times 2 = 13,48 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat profil balok } 18,2 / \cos(29,05) = 20,82 \text{ kg/m} +$$

$$= 53,73 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat alat penyambung } 10\% = 5,373 \text{ kg/m} +$$

$$q_{D1} = 59,10 \text{ kg/m}$$

Beban hidup

$$q_{L1} = 300 \times 0,825 / \cos 29,05 = 283,13 \text{ kg/m}$$

$$q_{U1} = 1,2 q_{D1} + 1,6 q_{L1}$$

$$= (1,2 \times 59,10) + (1,6 \times 283,13)$$

$$= 523,93 \text{ kg/m}$$

- Perencanaan Pembebanan dan Gaya Dalam Bordes

Beban mati

$$\text{Berat profil} = 18,2 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat bordes } 0,005 \times 0,825 \times 7850 = 32,38 \text{ kg/m}$$

$$= 50,58 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat penyambung } 10\% = 5,058 \text{ kg/m}$$

$$q_{D2} = 55,6 \text{ kg/m}$$

Beban hidup

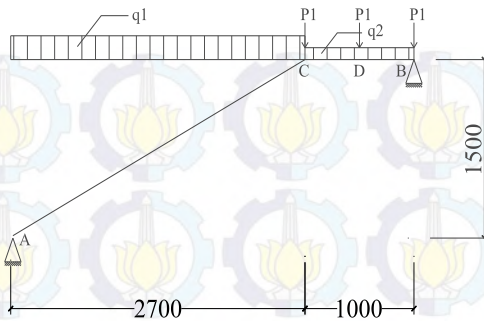
$$q_{L2} = 300 \times 0,825 = 247,5 \text{ kg/m}$$

$$q_{U2} = 1,2 q_{D2} + 1,6 q_{L2}$$

$$= 1,2 \times 55,6 + 1,6 \times 247,5 = 462,767 \text{ kg/m}$$

Beban terpusat akibat balok bordes

$$p_1 = 9,3 \times 0,825 = 7,67 \text{ kg}$$



Gambar 4.17 Model Pembebanan Balok Utama Tangga

- Perhitungan pembebanan

$$\Sigma M_a = 0$$

$$R_b \cdot 3,7 - p_1 \cdot 2,7 - p_1 \cdot 3,2 - p_1 \cdot 3,7 - q_{u1} \cdot 2,7 \cdot 1,35 - q_{u2} \cdot 1,3 \cdot 2 = 0$$

$$R_b = \frac{7,67 \times 2,7 + 7,67 \times 3,2 + 7,67 \times 3,7 + 523,93 \times 2,7 \times 1,35 + 462,76 \times 1 \times 3,2}{3,7}$$

$$= 936,28 \text{ kg}$$

$$\Sigma M_b = 0$$

$$R_a \cdot 3,7 - p_1 \cdot 1 - p_1 \cdot 0,5 - q_{u1} \cdot 2,7 \cdot 2,35 - q_{u2} \cdot 1,0 \cdot 5 = 0$$

$$R_a = \frac{7,67 \times 3,7 + 7,67 \times 1 + 523,93 \times 2,7 \times 2,35 + 462,76 \times 1 \times 0,5}{4,5}$$

$$= 964,12 \text{ kg}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned} \Sigma V &= R_a + R_b - q_{u1} \times 2,7 - q_{u2} \times 1 - V \times 3 \\ &= 964,12 + 936,28 - 523,93 \times 2,7 - 462,76 \times 1 - 7,67 \times 3 \\ &= 0 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Bidang M

- a - c :

$$\begin{aligned} M_x &= R_a \cdot x - \frac{1}{2} q_{u1} \cdot x^2 \\ &= 964,12 \cdot x - \frac{1}{2} 523,93 \cdot x^2 \end{aligned}$$

$$x = 0 \text{ m}$$

$$M_a = 0 \text{ kg.m}$$

$$x = 2,7 \text{ m}$$

$$M_c = 964,12 \cdot 2,7 - \frac{1}{2} \cdot 523,93 \cdot 2,7^2 = 693,387 \text{ kg.m}$$

Momen maksimum terjadi apabila $\frac{dM_x}{dx} = 0$

$$\frac{dM_x}{dx} = 964,12 - 523,93 \cdot x = 0$$

$$x = 1,84 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= 964,12 \cdot 1,84 - \frac{1}{2} \cdot 523,93 \cdot 1,84^2 \\ &= 887,064 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- c - b :

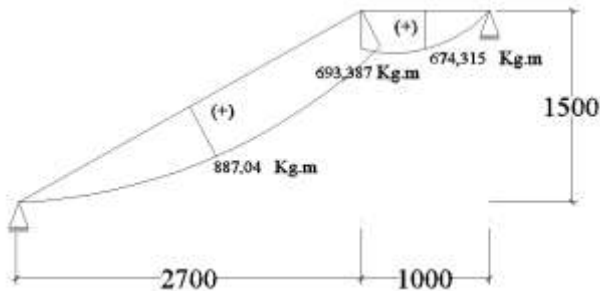
$$\begin{aligned} M_x &= R_b \cdot x - \frac{1}{2} q u_2 \cdot x^2 - p \cdot x \\ &= 936,28 \cdot x - \frac{1}{2} \cdot 462,767 \cdot x^2 - 7,67 \cdot x \end{aligned}$$

$$x = 0 \text{ m}$$

$$M_b = 0 \text{ kg.m}$$

$$x = 1 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_c &= 936,28 \cdot 1 - \frac{1}{2} \cdot 462,767 \cdot 1^2 - 7,67 \cdot 1 \\ &= 674,315 \text{ kg.m} \end{aligned}$$



Gambar 4.18 Bidang M Balok Tangga

Bidang D

- a - c :

$$\begin{aligned} D_x &= R_a \cdot \cos(29,05^\circ) - q_{ul} \cdot x \cdot \cos(29,05^\circ) \\ &= 964,12 \cdot \cos(29,05^\circ) - 523,93 \cdot x \cdot \cos(29,05^\circ) \end{aligned}$$

$$x = 0 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} D_{ka} &= 964,12 \cdot \cos(29,05^\circ) - 523,93 \cdot 0 \cdot \cos(29,05^\circ) \\ &= 842,788 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$x = 2,7 \text{ m}$$

$$Dc_{ki} = 964,12 \cdot \cos(29,05^\circ) - 523,93 \cdot 2,7 \cdot \cos(29,05^\circ)$$

$$= -393,8 \text{ kg}$$

- b - d :

$$Dx = -R_b + q_{u2} \cdot x + p_1$$

$$= -936,28 + 462,767 \cdot x + 7,67$$

$$x = 0 \text{ m}$$

$$Db_{ki} = -936,28 + 462,767 \cdot 0 + 7,67$$

$$= -928,61 \text{ kg}$$

$$x = 0,5 \text{ m}$$

$$Dd_{ka} = -936,28 + 462,767 \cdot 0,5 + 7,67$$

$$= -666,64 \text{ kg}$$

- d - c :

$$Dx = -R_b + q_{u2}/2 + q_{u2} \cdot x + p_1 + p_1$$

$$= -936,28 + 462,767/2 + 462,767 x + 7,67 + 7,67$$

$$x = 0 \text{ m}$$

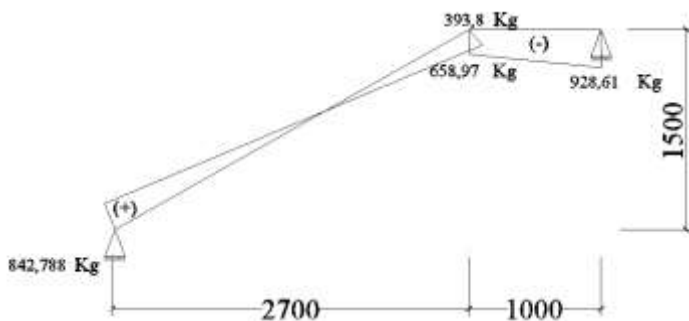
$$Dd_{ki} = -936,28 + 462,767/2 + 462,767 \cdot 0 + 7,67 + 7,67$$

$$= -658,97 \text{ kg}$$

$$x = 0,5 \text{ m}$$

$$Dd_{ka} = -936,28 + 462,767/2 + 462,767 \cdot 0,5 + 7,67 + 7,67$$

$$= -397,01 \text{ kg}$$



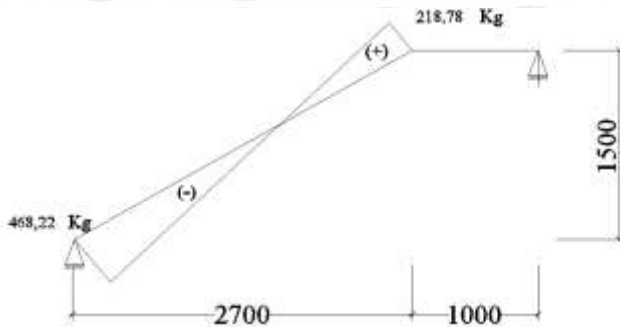
Gambar 4.19 Bidang D Balok Tangga

Bidang N

- a - c :

$$N_x = -R_a \cdot \sin(29,05^\circ) + q_{u1} \cdot x \cdot \sin(29,05^\circ)$$

$$\begin{aligned}
 &= -964,12 \cdot \sin(29,05^\circ) + 523,93 \cdot x \cdot \sin(29,05^\circ) \\
 x &= 0 \text{ m} \\
 N_{a_{ka}} &= -964,12 \cdot \sin(29,05^\circ) + 523,93 \cdot 0 \cdot \sin(29,05^\circ) \\
 &= -468,22 \text{ kg} \\
 x &= 2,7 \text{ m} \\
 N_{c_{ki}} &= -964,12 \cdot \sin(29,05^\circ) + 523,93 \cdot 2,7 \cdot \sin(29,05^\circ) \\
 &= 218,78 \text{ kg} \\
 - c - b : \\
 N &= 0 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.20 Bidang N Balok Tangga

- Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lokal

- Pelat sayap :

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{99}{2 \times 7} = 10,752$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Pelat badan :

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{198 - 2(7+11)}{4,5} = 36$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,25$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ penampang kompak

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x \\ &= 2500 \cdot 170 \\ &= 425000 \text{ kg.cm} \\ &= 4250 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

$$L_b = \sqrt{30^2 + 16^2} = 34 \text{ cm (pengaku anak tangga)}$$

$$L_p = 110,015 \text{ cm} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \text{ Dari Tabel (Lp \& Lr)}$$

$$L_r = 332,453 \text{ cm}$$

$L_b < L_p < L_r \rightarrow$ Bentang Pendek, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_n &= M_p \\ &= Z_x \cdot f_y \\ &= 170 \text{ cm}^3 \cdot 2500 \text{ kg/m}^2 \\ &= 425000 \text{ kg.cm} \\ &= 4250 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 4250$$

$$= 3825 \text{ kg.m} \geq 847,204 \text{ kg.m (OK)}$$

- Kontrol Geser

$$V_u = 881,52 \text{ kg}$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{162}{4,5} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

$$36 \leq 69,57 \rightarrow \text{Plastis}$$

$$\text{Maka, } V_n = 0,6 f_y A_w$$

$$= 0,6 \cdot 2500 \cdot (19,8 \times 0,45) = 13365 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 13365 \text{ kg}$$

$$= 12029 \text{ kg} > 901,75 \text{ kg (OK)}$$

- Persamaan Interaksi Tekan - Lentur

$$L = \sqrt{(270)^2 + (300)^2} = 399,249 \text{ cm}$$

$$Kc = 0,7 \text{ (sendi - jepit)}$$

$$f_c = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r_{min}}\right)^2} = \frac{\pi^2 2 \cdot 10^6}{\left(\frac{0,7 \cdot 399,249}{2,21}\right)^2} = 1234,33 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_y}{f_e} = \frac{2500}{1234,33} = 2,025$$

Karena $\frac{f_y}{f_e} = 2,025 \leq 2.25$ maka f_{cr} ditentukan dengan :

$$f_{cr} = \left[0.658^{\frac{f_y}{f_e}} \right] \times f_y = [0.658^{2,025}] \times 2500 = 1070,97 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_n = f_{cr} \times A_g$$

$$= 1070,97 \times 23.18 = 24825 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0.85 \times 24825$$

$$= 21101,2 \text{ kg}$$

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{344,66}{21101,2} = 0.016 < 0,2 \text{ Maka digunakan rumus:}$$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cr}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0$$

$$\frac{344,66}{21101,2} + \frac{8}{9} \left(\frac{847,204}{3825} + 0 \right) = 0.22 \leq 1.0 \dots \text{OK!}$$

- Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{\sqrt{(270)^2 + (300)^2}}{240} = 1,66$$



Gambar 4.21 Analisa Lendutan Balok Utama Tangga

$f^o = 0,0701 \text{ cm}$ (Hasil analisa SAP)

$f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,0701 \text{ cm} < 1,66 \text{ cm (OK)}.$

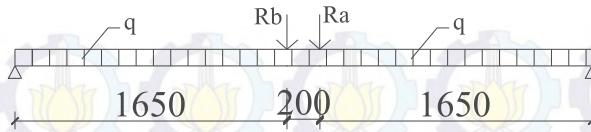
4.4.5 Balok Penumpu Tangga

Balok utama penumpu tangga direncanakan memakai profil WF 200 x 100 x 5,5 x 8 dengan data-data sebagai berikut:

d	= 200 mm	ix	= 8,24 cm
bf	= 100 mm	iy	= 2,22 cm
tf	= 8 mm	Zx	= 200 cm ³
tw	= 5,5 mm	Zy	= 41 cm ³
A	= 27,16 cm ²	Sx	= 184 cm ³
q	= 21,3 kg/m	Sy	= 26,8 cm ³
Ix	= 1840 cm ⁴	r	= 11 cm
Iy	= 134 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
Fy	= 250 Mpa (BJ-41)		= 162 mm

- **Pembebanan**

Pembebanan pada balok penumpu tangga diperoleh dari gaya reaksi (Ra dan Rb) yang bekerja pada balok utama tangga. Gaya reaksi tersebut akan menjadi beban terpusat P yang menumpu pada balok penumpu tangga. Pada balok penumpu tangga juga bekerja beban merata yang berasal dari dinding setengah dari tinggi lantai dan berat profil. Sketsa pembebanan balok penumpu tangga bisa dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 4.22 Pembebanan Balok Penumpu Tangga

$$R_a = 964,12 \text{ kg}$$

$$R_b = 936,28 \text{ kg}$$

Beban merata (q)

$$\text{Berat profil} = 21,3 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban dinding } 1,5 \times 230 = 345 \text{ kg/m} +$$

$$= 366,3 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sambungan } 10\% = 36,63 \text{ kg/m} +$$

$$= 402,93 \text{ kg/m}$$

- Reaksi Perletakan

$$\Sigma M_a = 0$$

$$R_{vb} \cdot 3,5 - R_a \cdot 1,85 - R_b \cdot 1,65 - \frac{1}{2} \cdot q \cdot 3,5^2 = 0$$

$$R_{vb} = \frac{917,36 \times 1,85 + 909,42 \times 1,65 + \frac{1}{2} \cdot 402,93 \times 3,5^2}{3,5}$$

$$= 1618,75 \text{ kg}$$

$$\Sigma M_b = 0$$

$$R_{va} \cdot 3,5 - R_b \cdot 1,85 - R_a \cdot 1,85 - \frac{1}{2} \cdot q \cdot 3,5^2 = 0$$

$$R_{va} = \frac{909,36 \times 1,85 + 917,36 \times 1,85 + \frac{1}{2} \cdot 402,93 \times 3,5^2}{3,5}$$

$$= 1618,29 \text{ kg}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned}\sum V &= R_{va} + R_{vb} - R_a - R_b - q \cdot 3,5 \\ &= 1618,29 + 1618,75 - 964,12 - 936,28 - 402,93 \cdot 3,5 \\ &= 0 \text{ (OK)}\end{aligned}$$

- Perhitungan Gaya Dalam

Momen maksimum

$$\begin{aligned}M_{\max} &= R_{va} \cdot 1,75 - R_a \cdot 0,1 - \frac{1}{2} \cdot q \cdot 1,75^2 \\ &= 1618,29 \cdot 1,75 - 964,12 \cdot 0,1 - \frac{1}{2} \cdot 275,77 \cdot 1,75^2 \\ &= 2123,29 \text{ kg.m}\end{aligned}$$

Gaya geser

$$V_U = -R_{vb} = -1618,75 \text{ kg}$$

- Pelat sayap :

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{100}{2 \times 8} = 6,25$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Pelat badan :

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{248 - 2(12 + 8)}{5} = 41,6$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,25$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \cdot 200 = 500000 \text{ kg.cm} = 5000 \text{ kg.m}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 5000 = 4500 \text{ kg.m} \geq 2123,29 \text{ kg.m (OK)}$$

- Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral
 Jarak penahan lateral (L_b) = 165 cm
 $L_p = 110,512$ cm
 $L_r = 361,127$ cm } Dari Tabel (L_p & L_r)

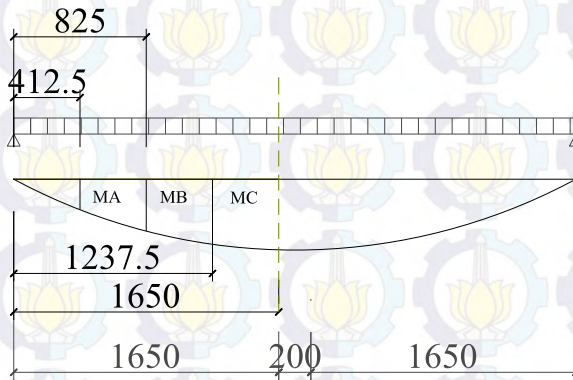
$L_p < L_b < L_r \rightarrow$ **Bentang Menengah**

Karena bentang menengah, maka:

$$M_y = S_x \times f_y = 184 \times 2400 = 460000 \text{ kgcm} = 4600 \text{ kgm}$$

$$M_p = Z_x \times f_y = 200 \times 5400 = 500000 \text{ kgcm} = 4800 \text{ kgm}$$

$$M_r = S_x \times (f_y - f_r) = 184 \times (2500 - 700) = 513000 \text{ kgcm} = 5130 \text{ kgm}$$



Gambar 4.23 Posisi M_A , M_B , M_C Balok Penumpu Tangga

$$\begin{aligned} M_A &= R_{va} \times 0,437 - \frac{1}{2} \times q \times 0,437^2 \\ &= 1246,95 \times 0,325 - \frac{1}{2} \times 402,93 \times 0,325^2 \\ &= 633,266 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_B &= R_{va} \times 0,825 - \frac{1}{2} \times q \times 0,825^2 \\ &= 1246,95 \times 0,825 - \frac{1}{2} \times 402,93 \times 0,825^2 \\ &= 1197,97 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_C &= R_{va} \times 1,2375 - \frac{1}{2} \times q \times 1,2375^2 \\ &= 1246,95 \times 1,2375 - \frac{1}{2} \times 402,93 \times 1,2375^2 \\ &= 1694,11 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$M_{\max} = 2123,29 \text{ kgm}$$

$$C_b = \frac{12.5 M_{\max}}{2.5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2.3$$

$$C_b = \frac{12.5 \times 2123,29}{2.5 \times 2123,29 + 3 \times 633,266 + 4 \times 1197,97 + 3 \times 1694,11} \leq 2.3$$

$$C_b = 1.29 \leq 2.3$$

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 f_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

$$= 1.29 \left[5000000 - (5000000 - 0.7 \times 2500 \times 184) \left(\frac{165 - 110,512}{361,13 - 110,512} \right) \right]$$

$$M_n = 5987,84 \text{ kgm}$$

$$M_n = 5987,84 \text{ kgm} > M_p = 5000 \text{ kgm}$$

Maka, dipakai $M_p = 5000 \text{ kgm}$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0.9 \times 5000$$

$$= 4500 \text{ kgm} \geq 1197.97 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol Geser

$$V_u = 1618,75 \text{ kg}$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{162}{5,5} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

$$29,45 \leq 69,57 \rightarrow \text{Plastis}$$

$$\text{Maka, } V_n = 0,6 f_y A_w$$

$$= 0,6 \times 2500 \times (20 \times 0,55) = 16500 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 16500 \text{ kg}$$

$$= 14850 \text{ kg} > 1618,75 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{350}{240} = 1,46$$

$$f_x = \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{qu.L^4}{E.Ix} \right)$$

$$= \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{402,93.10^{-2}.165^4}{2.10^6.1840} \right)$$

$$= 0,01cm$$

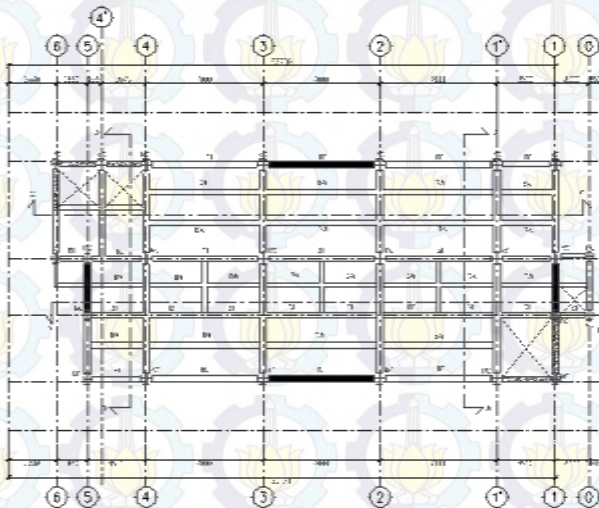
$$f_{ijin} > f_x \rightarrow 1,46cm > 0,01cm (OK)$$



BAB 5 PEMODELAN STRUKTUR

5.1 Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur yang digunakan menggunakan sistem EBF (*Eccentrically Braced Frames*) dengan menggunakan peredam gempa berupa *steel slit damper*. Struktur yang direncanakan memiliki fungsi sebagai hotel 13 lantai dengan ketinggian setiap lantai 3m. berikut ini merupakan gambar denah bangunan:

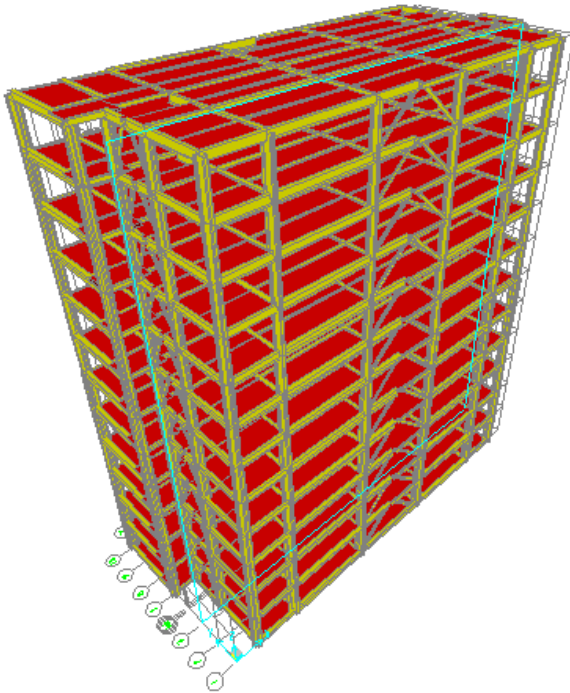


Gambar 5.1 Denah Struktur Hotel Fave Ketintang Surabaya

Untuk penempatan bracing direncanakan menggunakan K-split EBF yang dipasang di tepi bangunan dengan 2 bentang berbeda. Untuk arah melintang panjang bentang sebesar 3,4 m sedangkan untuk arah memanjang 7 m.

Pemodelan struktur ini dilakukan dengan program SAP 2000 untuk membantu dalam beberapa perhitungan struktur untuk

mengecek kapasitas struktur bangunan sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.



Gambar 5.2 Pemodelan 3 Dimensi Struktur Hotel Fave Ketintang Surabaya

5.2 Pembebanan Struktur Utama

Untuk melakukan analisis struktur di SAP 2000, perlu adanya penginputan beban. Maka, dilakukan perhitungan beban-beban meliputi beban hidup, beban mati dan beban gempa.

1. Beban Mati

Beban mati pada struktur terdiri dari beban sendiri bangunan (didapat dari SAP 2000) dan beban mati tambahan seperti beban dinding dan beban merata. Pembebanan struktur didasarkan pada ASCE 7-2002 dan SNI 1727-2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Berikut ini merupakan rincian beban mati pada struktur:

1. *Ducting* Mekanikal (ASCE 7-2002 Tabel C3-1, *Mechanical Duct Allowance*) = $0,19 \text{ kN/m}^2$
2. Lapisan Aspal (ASCE 7-2002 Tabel C3-1, *Asphalt Shingles*) = $0,1 \text{ kN/m}^2$
3. Beban plafon (ASCE 7-2002 Tabel C3-1, *Acoustical fiberboard*) = $0,1 \text{ kN/m}^2$
4. Beban Keramik + Spesi (ASCE 7-2002 Tabel C3-1, *Ceramic or quarry tile 19mm on 13 mm mortar bed*) = $0,77 \text{ kN/m}^2$
5. Beban dinding (SNI 1727:2013 pasal 4.32) = $0,72 \text{ kN/m}^2$

2. Beban Hidup

Beban Hidup pada struktur bersifat tidak menumpu pada struktur bangunan sehingga memiliki kemungkinan untuk lepas dari struktur bangunan. Beban hidup yang bekerja pada hotel ini adalah sebagai berikut:

1. Lantai atap
Beban hidup atap datar (SNI 1727:2013 Tabel 4.1) = $0,96 \text{ kN/m}^2$
2. Lantai hotel
Ruang publik dan koridor yang melayani mereka (SNI 1727:2013 Tabel 4.1) = $4,79 \text{ kN/m}^2$

3. Beban Gempa

Berdasarkan wilayah gempa, kota Padang termasuk dalam wilayah gempa zona tinggi. Penentuan jenis tanah berdasarkan nilai SPT. Perhitungan beban gempa pada bangunan ini dilakukan dengan menganalisa beban gempa dinamik dan

parameter gempa yang digunakan diambil dari desain Spectra Indonesia.

4. Data Tanah

Salah satu persyaratan sebelum membangun sebuah bangunan adalah mengetahui jenis tanah di lokasi dimana akan didirikan bangunan. Salah satu cara mengetahui jenis tanah lokasi adalah dengan test penetrasi tanah (SPT). Berikut perhitungan N rata-rata untuk menentukan jenis tanah:

$\tilde{N} \geq 50$ = Tanah Keras

$15 \leq \tilde{N} < 50$ = Tanah Sedang

$\tilde{N} < 15$ = Tanah Lunak

Tabel 5.1 Tabel Perhitungan N Rata-Rata

Keterangan	Kedalaman (m)	Tebal	N	Tebal/ N
Lapisan 1	0	-	0	-
Lapisan 2	2	2	14	0.143
Lapisan 3	4	2	14	0.143
Lapisan 4	6	2	38	0.053
Lapisan 5	8	2	21	0.095
Lapisan 6	10	2	20	0.100
Lapisan 7	12	2	12	0.167
Lapisan 8	14	2	22	0.091
Total		14		0.791

$$\tilde{N} = \frac{14}{0,791} = 17,70$$

Dari perhitungan nilai N rata-rata diatas diperoleh jenis tanah kategori tanah sedang

Karena besarnya beban gempa sangat dipengaruhi oleh berat dari struktur bangunan, maka perlu diketahui berat total

bangunan untuk menentukan gaya geser statik. Berat dari bangunan berasal dari beban mati yang terdiri dari berat sendiri material-material konstruksi dan elemen-elemen struktur, serta beban hidup yang diakibatkan oleh hunian atau penggunaan bangunan.

Pada perencanaan tugas akhir ini perhitungan berat struktur diambil dari analisis menggunakan program SAP 2000 untuk kombinasi 1D +1L.

5.2.1 Perhitungan Pembebanan

Karena besarnya beban gempa sangat dipengaruhi oleh berat dari struktur bangunan, maka perlu diketahui berat total bangunan untuk menentukan gaya geser statik. Berat dari bangunan berasal dari beban mati yang terdiri dari berat sendiri material-material konstruksi dan elemen-elemen struktur, serta beban hidup yang diakibatkan oleh hunian atau penggunaan bangunan. Berikut ini perhitungan manual untuk beban mati yang di input ke SAP:

Tabel 5.2 Perhitungan Beban Mati Atap

Berat bondek	0.101	kN/m ²
Berat Beton	2.16	kN/m ²
Aspal	0.1	kN/m ²
Plafond	0.05	kN/m ²
ducting Mekanikal	0.19	kN/m ²
	2.601	kN/m ²
Sambungan dll(10%)	0.2601	kN/m ²
Qd	2.8611	kN/m²

Tabel 5.3 Perhitungan Beban Mati Lantai

Berat bondek	0.101	kN/m ²
Berat Beton	2.64	kN/m ²
Keramik + Spesi	0.77	kN/m ²
Plafond	0.05	kN/m ²

ducting Mekanikal	0.19	kN/m ²
	3.751	kN/m ²
Sambungan dll(10%)	0.3751	kN/m ²
Dinding Partisi	2.3	kN/m ²
Qd	6.4261	kN/m²

Pada perencanaan tugas akhir ini perhitungan berat struktur diambil dari analisis menggunakan program SAP 2000 untuk kombinasi 1D +1L. Dari SAP didapatkan berat struktur **62178,011 kN**.

5.2.2 Kombinasi Pembebanan

Setelah memperhitungkan beban akibat gempa dan gravitasi, maka seluruh beban tersebut dihitung dengan faktor kombinasi yang mengacu pada SNI 03-1729-2015 sebagai berikut:

- 1,4 DL
- 1,2 DL + 1,6 LL
- 1,2 DL + 0,5 LL + ΩE
- 0,9 DL – ΩE

Keterangan :

DL : beban mati

LL : beban hidup

E : beban gempa yang dinyatakan dalam 2 arah

5.3 Pembebanan Gempa Dinamis

Perencanaan struktur hotel Fave ini terdiri dari 13 tingkat yang memiliki ketinggian 41,6 m. Perhitungan beban gempa pada struktur ini ditinjau dengan pengaruh gempa dinamik sesuai SNI 03-1726-2012. Analisis dilakukan berdasarkan analisis respon dinamik dengan parameter-parameter yang sudah ditentukan.

5.3.1 Arah Pembebanan Gempa

Arah pembebanan gempa dalam kenyataannya adalah sembarang, sehingga pada umumnya selalu terdapat 2 komponen beban gempa dalam arah masing-masing sumbu koordinat ortogonal yang bekerja bersamaan pada struktur gedung. Kondisi ini disimulasikan dengan meninjau pembebanan gempa dalam suatu arah sumbu koordinat yang ditinjau 100%, yang bekerja bersamaan dengan pembebanan gempa dalam arah tegak lurus tetapi ditinjau 30%.

5.3.2 Perhitungan Beban Gempa

Perhitungan Beban Gempa dilakukan sesuai dengan peraturan gempa SNI 03-1726-2012 dengan tahapan:

5.3.2.1 Faktor Keutamaan (I)

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I_e . Gedung direncanakan sebagai bangunan Hotel, pada tabel 3.1 bangunan termasuk kategori II sehingga pada Tabel 3.2 diperoleh nilai $I = 1$.

5.3.2.2 Parameter Percepatan Tanah (S_s, S_1)

Untuk tanah sedang klasifikasi situs berdasarkan Tabel 3.3 termasuk Kelas Situs Tanah Sedang (SD). Untuk Parameter percepatan tanah (S_s, S_1) dapat dilihat pada gambar, sehingga didapat:

- $S_s (t=0,2 \text{ s})$: 1,5 (Gambar 3.3).
- $S_1 (t=1,0 \text{ s})$: 0,6 (Gambar 3.2)

5.3.2.3 Menentukan Faktor Koefisien Situs (F_a, F_v)

Berdasarkan Tabel 3.4 dan 3.5 kelas situs SD, maka didapatkan nilai:

$$F_a = 1$$

$$F_v = 1,5$$

Untuk menentukan parameter percepatan desain spektral perlu dihitung nilai parameter respons percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}) melalui perumusan berikut ini :

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s = 1 \cdot 1,5 = 1,5$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 = 1,5 \cdot 0,6 = 0,9$$

5.3.2.4 Menentukan Percepatan Spektral Desain (S_{DS}, S_{D1})

Untuk menentukan percepatan spektral desain untuk periode pendek (S_{DS}) dan pada periode 1 detik (S_{D1}) harus ditentukan melalui perumusan berikut ini :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = \frac{2}{3} \cdot 1,5 = 1$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = \frac{2}{3} \cdot 0,9 = 0,6$$

5.3.2.5 Menentukan Kategori Desain Seismik

Pada Tabel 3.6 dan Tabel 3.7 kategori desain seismic dapat dilihat berdasarkan kategori resiko sehingga diketahui:

$S_{DS} : 1 \rightarrow$ Kategori Resiko D (Tabel 3.6)

$S_{D1} : 0,6 \rightarrow$ Kategori Resiko D (Tabel 3.7)

5.3.2.6 Menentukan Parameter R , C_d , dan Ω_0

Berdasarkan tabel 3.8 atau SNI 1726:2012 pasal 7.2.2 tabel 9 didapat nilai parameter struktur bangunan untuk rangka baja pemikul momen khusus adalah :

$$R = 8$$

$$C_d = 5,5$$

$$\Omega_0 = 3$$

5.3.2.7 Menentukan Model Respon Spektrum

Penggambaran grafik respon spektrum rencana sesuai dengan SNI 1726 : 2012 pasal 6.4 dengan ketentuan berikut:

Batasan Periode

$$T_0 = \frac{0.2S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0.2 \cdot 0,6}{1} = 0,12$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,6}{1} = 0,6$$

1. Untuk perioda yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respon percepatan desain, S_a , harus diambil persamaan:

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

Pada saat $T = 0$ detik didapat $S_a = 1,0 \left(0,4 + 0,6 \frac{0}{0,12} \right) = 0,4$

2. Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum respon percepatan desain, S_a , sama dengan S_{DS} ; ($T_0 \leq T \leq T_s$)

$$S_a = S_{DS} = 1,0 \text{ g}$$

Karena $T_s = 0,6$ detik maka untuk $T \geq T_s$. Misalkan T yang diambil $0,7$ detik. Maka :

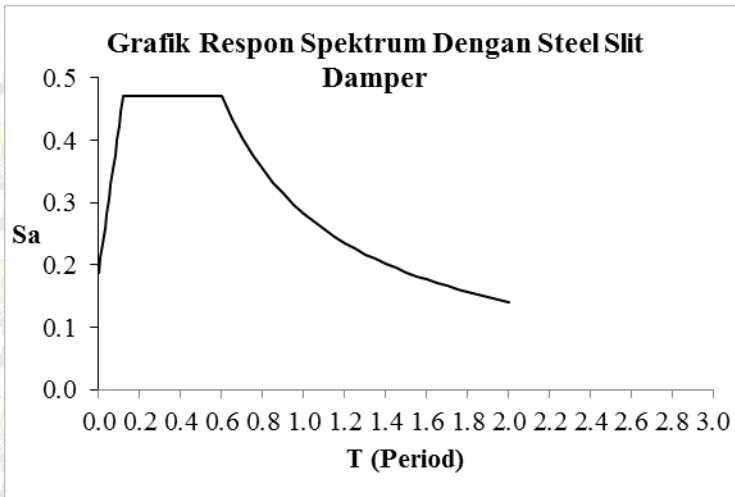
$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} = \frac{0,6}{0,7} = 0,857$$

Untuk perioda lebih besar dari T_s , spektrum respon percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan; ($T \geq T_s$)

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} = \frac{0,6}{0,7} = 0,857$$

Dari perhitungan diatas, maka didapatkan grafik respon spektrum antara S_a dan T (Period) dibawah ini



Gambar 5.3 Grafik Respon Spektrum dengan SSD

Nilai respon spektrum yang telah didapatkan harus dikalikan dengan *scale factor* yang besarnya:

$$SF = q \cdot I_e / R$$

Dimana:

g = Percepatan gravitasi (9,81 m/s)

I_e = Faktor Keutamaan Gempa berdasarkan kategori resiko gempa (1,0)

R = Koefisien modifikasi respon

Beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan terjadi dalam arah sembarang (tidak terduga) baik dalam arah x dan y secara bolak-balik dan periodikal. Untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa rencana dalam arah utama harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa yang arahnya tegak lurus dengan arah utama dengan efektifitas 30%.

- Gempa Respon Spektrum X :

100% efektifitas untuk arah X dan 30% efektifitas arah Y

- Gempa Respon Spektrum Y :
100% efektivitas untuk arah Y dan 30% efektivitas arah X

Maka dari itu, untuk 100% dari beban gempa:

$$\text{Skala faktor 100\%} = 100\% \times g \times \frac{I}{R} = 1 \times 9,81 \times \frac{1}{8} = 1,226$$

Untuk 30% dari beban gempa :

$$\text{Skala faktor 30\%} = 30\% \times g \times \frac{I}{R} = 0,3 \times 9,81 \times \frac{1}{8} = 0,368$$

Nilai redaman untuk struktur beton diambil, *Damping* = 0,05. Dari hasil analisa struktur menggunakan SAP 2000 didapat nilai T = 1,317 detik.

Tabel 5.4 Nilai Periode Fundamental Struktur (T)

TABLE: Modal Periods And Frequencies			
OutputCase	StepType	StepNum	Period
Text	Text	Unitless	Sec
MODAL	Mode	1	1.18
MODAL	Mode	2	1.05
MODAL	Mode	3	0.94
MODAL	Mode	4	0.75
MODAL	Mode	5	0.66
MODAL	Mode	6	0.58
MODAL	Mode	7	0.44
MODAL	Mode	8	0.43
MODAL	Mode	9	0.41
MODAL	Mode	10	0.40
MODAL	Mode	11	0.39
MODAL	Mode	12	0.39

5.3.2.8 Menghitung Periode Fundamental

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi. Berdasarkan SNI 03-1726-2012, periode fundamental struktur harus ditentukan dari :

$$T_a = C_t \cdot h_n^x$$

Nilai T_a di atas adalah batas bawah periode struktur yang ditinjau. Untuk batas atas nya dikalikan dengan koefisien batas. Besarnya koefisien tersebut tergantung dari nilai S_{D1} . Untuk nilai C dan x terdapat pada SNI 1726:2012 Tabel-15.

Tinggi Bangunan Hotel Fave Ketintang Surabaya sebesar 36 meter. Pada struktur ini digunakan sistem rangka baja pemikul momen baja sehingga pada tabel 15 SNI 03-1726-2012 didapatkan nilai :

$$C_t = 0,0724$$

$$x = 0,8$$

$$h_n = 36\text{m}$$

maka :

$$\begin{aligned} T_a &= 0,0724 \times 36^{0,8} \\ &= 1,272 \text{ det} \end{aligned}$$

Nilai C_u didapat dari tabel 14 SNI 03-1726-2012 atau Tabel 3.11, maka :

$$C_u \times T_a = 1,4 \times 1,272 = 1,782 \text{ det}$$

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1, Periode fundamental struktur (T) yang digunakan:

- Jika $T_c > C_u \times T_a$ maka digunakan $T = C_u \times T_a$
- Jika $T_a < T_c < C_u \times T_a$ maka digunakan $T = T_c$
- Jika $T_c < T_a$ maka digunakan $T = T_a$

Keterangan :

T_c : Periode fundamental struktur yang diperoleh dari program analisa struktur

Dari hasil analisa program bantu SAP 2000 maka didapat $T_c = 1,18$ detik, $T_a = 1,272$ dan $C_u \times T_a = 1,782$ detik, karena $T_c < T_a$ maka periode fundamental struktur yang digunakan adalah **$T = 1,272$ detik.**

5.3.2.9 Menentukan Koefisien Respon Spektrum

Sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 7.8.1, koefisien seismik, C_s , dihitung dengan Persamaan:

$$C_{s \text{ perlu}} = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{1}{\left(\frac{8}{1}\right)} = 0,125$$

Nilai dari persamaan diatas tidak perlu melebihi persamaan berikut ini:

$$C_{S1} = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,6}{1,18 \left(\frac{8}{1}\right)} = 0,0589$$

Untuk Nilai C_s , harus tidak kurang dari:

$$C_{s2} = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01$$

$$C_{s2} = 0,044 \times 1 \times 1 = 0,044 \geq 0,01 \quad \dots\dots(\text{OK})$$

Kontrol :

1. $C_{s \text{ perlu}} \leq C_{S1} = 0,125 \leq 0,0589 \rightarrow$ digunakan $C_s = 0,0589$
2. $C_{s \text{ perlu}} \geq C_{S2} = 0,125 \geq 0,044 \rightarrow$ digunakan $C_s = 0,125$

Sebagai tambahan, untuk struktur yang berlokasi didaerah dimana S_1 sama dengan atau lebih besar dari 0,6 g maka $C_{s \text{ perlu}}$ tidak kurang dari :

$$C_{S3} = \frac{0,5 \cdot S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,5 \times 0,6}{\left(\frac{8}{1}\right)} = 0,0375$$

3. $C_{s \text{ perlu}} \geq C_{S3} = 0,125 \geq 0,0375 \rightarrow$ digunakan $C_s = 0,125$

Dari ketiga hasil perhitungan diatas, apabila digunakan $C_s = 0,125$ maka kontrol 1 tidak OK. Sehingga digunakan **$C_s = 0,0589$**

5.3.2.10 Menentukan Gaya Geser Dasar Seismik

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.8.1, gaya gempa lateral didapat dengan mengalikan dengan berat bangunan dengan koefisien respon seismik. Dari analisis struktur yang sudah dilakukan, diperoleh berat total struktur adalah **57037.98kN**.

$$V = C_s \cdot W = 0,0421 \times 57037,98 \text{ kN} = \mathbf{3360,82 \text{ kN/detik}}$$

5.3.2.11 Menghitung Distribusi Vertikal Beban Gempa

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.8.3, distribusi vertikal beban gempa ditentukan dengan menghitung gaya gempa pada tiap lantai, F_i , dengan persamaan:

$$F_x = C_{vx} V$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k}$$

Keterangan :

C_{vx} = faktor distribusi vertikal

w_i dan w_x = bagian dari berat total seismik efektif struktur (W) yang ditempatkan pada tingkat i atau x

h_i dan h_x = tinggi dari dasar ke tingkat i atau x

k = eksponen yang terkait dengan periode struktur yang nilainya sebagai berikut :

- untuk struktur dengan periode $\leq 0,5$ s, $k=1$
- untuk struktur dengan periode $\geq 2,5$ s, $k=2$
- untuk struktur dengan periode antara 0,5 s sampai 2,5 s, $k=2$ atau ditetapkan dengan interpolasi antara 1 dan 2

Karena T yang didapat dari hasil perhitungan SAP 2000 yaitu 2,084 detik, maka nilai $k = 2$

Tabel 5.5 Perhitungan Distribusi Vertikal Gaya Gempa

Lantai ke	h_i (m)	h_i^k (m)	W_i (kN)	$W_i \cdot h_i^k$ (kN)	C_{vx}	F_i	V_i
12	36	1296	1857.699	2407578.1	0.098	327.813	327.81
11	33	1089	4829.947	5259812.7	0.213	716.169	1043.98
10	30	900	4829.947	4346952.7	0.176	591.875	1635.86
9	27	729	4829.947	3521031.7	0.143	479.419	2115.28
8	24	576	4829.947	2782049.7	0.113	378.800	2494.08
7	21	441	4829.947	2130006.8	0.086	290.019	2784.09
6	18	324	5171.759	1675649.8	0.068	228.154	3012.25
5	15	225	5171.759	1163645.7	0.047	158.440	3170.69
4	12	144	5171.759	744733.2	0.030	101.402	3272.09
3	9	81	5171.759	418912.4	0.017	57.039	3329.13
2	6	36	5171.759	186183.3	0.008	25.350	3354.48
1	3	9	5171.759	46545.8	0.002	6.338	3360.82
TOTAL			57037.98	24683101.9			

5.4 Analisis Struktur

Hasil analisis struktur perlu untuk dikontrol terhadap batasan-batasan sesuai dengan SNI 03-1726-2012 untuk menentukan kelayakan struktur. Berikut ini merupakan hal-hal yang perlu dikontrol:

- Kontrol partisipasi massa
- Kontrol periode getar struktur
- Kontrol nilai akhir respon struktur
- Kontrol batas simpangan (*drift*)

5.4.1 Kontrol Partisipasi Massa

Menurut SNI 1726 pasal 7.9.1, bahwa perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi

massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90% dari massa aktual dari masing-masing arah

Dengan bantuan SAP 2000 maka didapatkan:

Tabel 5.6 Rasio Partisipasi Massa Struktur

TABLE: Modal Load Participation Ratios		
OutputCase	Item	Dynamic
Text	Text	Percent
MODAL	UX	94.02
MODAL	UY	92.30

Dari tabel di atas didapat partisipasi massa arah X sebesar 94,02% pada moda ke 8 dan partisipasi massa arah Y sebesar 92,30%. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang sudah dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada SNI-03-1726-2012 pasal 7.9.1 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

5.4.2 Kontrol Periode Getar Struktur

Dari hasil analisa program bantu SAP 2000 maka didapat $T_c = 1,18$ detik, $T_a = 1,272$ dan $C_u \times T_a = 1,782$ detik, karena $T_c < T_a$ maka periode fundamental struktur yang digunakan adalah **T = 1,18 detik**. Jadi analisis struktur masih memenuhi syarat SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.2.

5.4.3 Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Jika Nilai V_{dinamik} (V_t) dan V_{statik} (V) didapatkan dari *base reaction* hasil analisis struktur. SNI 03-1726-2012 pasal 7.9.4 mensyaratkan nilai akhir V_{dinamik} minimal 85% dari V_{statik} ($V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 V_{\text{statik}}$). Bila syarat ini tak terpenuhi maka gaya geser dasar ragam perlu dikalikan faktor skala gaya sebesar 0,85 V/V_t (SNI-1726-2012 pasal 7.9.4.1).

Tabel 5.7Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa

TABLE: Base Reactions		
OutputCase	GlobalFX	GlobalFY
Text	KN	KN
RSX	1294.585	347.066
RSY	389.657	1152.299

Kontrol :

- Untuk gempa arah X :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \times V_{\text{statik}}$$

$$1294,585 \text{ kN} \geq 85\% \times 3360,82 \text{ kN}$$

$$1294,585 \text{ kN} \geq 2856,69 \text{ kN (NOT OK)}$$

- Untuk gempa arah Y :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \times V_{\text{statik}}$$

$$1152.299 \text{ kN} \geq 85\% \times 3360,82 \text{ kN}$$

$$1152.299 \text{ kN} \geq 2856,69 \text{ kN (NOT OK)}$$

Dari kontrol di atas, analisis struktur masih belum memenuhi syarat nilai akhir respon. Pada Pasal 11.1.4 SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.4.2 dijelaskan apabila gaya geser dasar hasil analisis kurang dari 85%, maka harus diperbesar dengan faktor

$$\text{skala } 0.85 \frac{C_s W}{V}$$

Untuk gempa arah X

$$: 0.85 \frac{C_s W}{V} = 0,85 \frac{0,0589.57037,98}{1294,585} = 2,206$$

Untuk gempa arah Y :

$$0.85 \frac{C_s W}{V} = 0,85 \frac{0,0589.57037,98}{1152,299} = 2,479$$

Setelah dikali faktor skala di atas didapatkan gaya geser dasar sebagai berikut :

Tabel 5.8Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa
Setelah Dikalikan dengan Faktor Skala

TABLE: Base Reactions		
OutputCase	GlobalFX	GlobalFY
Text	KN	KN
RSX	2856.697	765.854
RSY	966.01	2856.693

Kontrol :

- Untuk gempa arah X :
 $V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \times V_{\text{statik}}$
 $2856,693\text{kN} \geq 85\% \times 3360,82\text{kN}$
 $2856,693\text{ kN} \geq 2856,69\text{kN}$ (OK)
- Untuk gempa arah Y :
 $V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \times V_{\text{statik}}$
 $2856,693\text{ kN} \geq 85\% \times 3360,82\text{kN}$
 $2856,693\text{ kN} \geq 2856,69\text{kN}$ (OK)

Setelah dikalikan dengan faktor skala untuk arah X = 2,206 dan Y= 2,479, dapat disimpulkan bahwa analisis struktur masih memenuhi persyaratan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.

5.4.4 Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai (*drift*)

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.6 untuk memenuhi persyaratan simpangan digunakan rumus :

$$\delta_x = \frac{C_d \cdot \delta_{xe}}{I_e}$$

Dimana :

C_d = Faktor pembesaran defleksi (5,5).

δ_{xe} = Defleksi pada lantai x yang ditentukan dengan analisis elastis.

I_e = Faktor keutamaan (1,0).

Δ_a = $0,020h_{sx}$

ρ = Faktor redundansi (1,0)

Tabel 5.9 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa Arah Y

Lantai	h_i	δx_e	δx	Δ	Δa	$\Delta a/\rho$	$\Delta \leq \Delta a/\rho$
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
12	3000	43.42	238.81	8.10	60	60	OK
11	3000	41.95	230.71	10.34	60	60	OK
10	3000	40.07	220.37	14.84	60	60	OK
9	3000	37.37	205.53	19.30	60	60	OK
8	3000	33.86	186.23	23.28	60	60	OK
7	3000	29.63	162.96	27.16	60	60	OK
6	3000	24.69	135.80	51.47	60	60	OK
5	3000	15.33	84.33	0.00	60	60	OK
4	3000	15.33	84.33	26.83	60	60	OK
3	3000	10.45	57.50	25.69	60	60	OK
2	3000	5.78	31.81	21.34	60	60	OK
1	3000	1.90	10.47	10.47	60	60	OK

Tabel 5.10 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa Arah X

Lantai	hi	δx_e	δx	Δ	Δa	$\Delta a/\rho$	$\Delta \leq \Delta a/\rho$
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
12	3000	31.14	171.24	3.48	60	60	OK
11	3000	30.50	167.76	7.00	60	60	OK
10	3000	29.23	160.76	10.64	60	60	OK
9	3000	27.29	150.12	13.94	60	60	OK
8	3000	24.76	136.18	16.88	60	60	OK
7	3000	21.69	119.29	19.89	60	60	OK
6	3000	18.07	99.40	19.06	60	60	OK
5	3000	14.61	80.34	19.81	60	60	OK
4	3000	11.01	60.53	19.85	60	60	OK
3	3000	7.40	40.68	18.56	60	60	OK
2	3000	4.02	22.12	14.97	60	60	OK
1	3000	1.30	7.15	7.15	60	60	OK

Dari hasil analisa tabel di atas maka analisis struktur memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.3 dan Pasal 7.12.1.

BAB 6

PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER

6.1 Perencanaan Elemen Struktur Primer

6.1.1 Link (*Damper*)

Damper yang digunakan merupakan pelat SSD hasil pengujian eksperimental yang dilakukan oleh Karavasilis dkk (2012) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.13. Spesimen yang diaplikasikan pada model adalah spesimen tipe SL-5 karena memiliki ukuran yang hampir sama dengan profil baja WF 350 x 350 x 14 x 22 seperti pada Tabel 2.4.

6.1.1.1 Link (*Damper*) arah Y

Pada *link* arah Y direncanakan menggunakan profil WF 350 x 350 x 14 x 22 dengan data- data sebagai berikut:

d	= 356 mm	ix	= 15,3 cm
bf	= 352 mm	iy	= 8,9 cm
tf	= 22 mm	Zx	= 2927 cm ³
tw	= 14 mm	Zy	= 1378 cm ³
A	= 202 cm ²	Sx	= 2670 cm ³
q	= 159 kg/m	Sy	= 909 cm ³
Ix	= 47600 cm ⁴	r	= 20 cm
Iy	= 16000 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
Fy	= 250 Mpa (BJ-41)		= 272 mm

Hasil dari output SAP 2000 untuk *link* arah x diperoleh gaya dalam sebesar:

Nu	= 5022,92 kg
Vu	= 23825,68 kg
Δe	= 0.005 mm

- Kontrol penampang

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{352}{2.22} = 8,09$$

$$\lambda_p = \frac{135}{\sqrt{f_y}} = 8,54$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

Pelat badan

$$\begin{aligned} N_y &= A_g \times f_y \\ &= 202 \text{ cm}^2 \times 2500 \text{ kg/m}^2 \\ &= 505000 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\frac{Nu}{\phi \cdot N_y} = \frac{5022,920}{0,9 \cdot 505000} = 0,011 < 0,125$$

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{272}{14} = 19,429$$

$$\lambda_p = \frac{1365}{\sqrt{f_y}} \cdot \left(1 - 1,54 \cdot \frac{Nu}{\phi \cdot N_y} \right)$$

$$\lambda_p = \frac{1365}{\sqrt{250}} \cdot (1 - 1,54 \times 0,011) = 84,861$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

Karena penampang kompak, maka:

$$\begin{aligned} N_y &= A_g \times f_y \\ &= 202 \text{ cm}^2 \times 2500 \text{ kg/m}^2 \\ &= 505000 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$0,15 N_y = 0,15 \cdot 505000 \text{ kg} = 75750 \text{ kg} > Nu$$

Karena $0,15 N_y > Nu$, sehingga:

berdasarkan SNI03-1729-2002 Pasal 15.13.2.5, pengaruh gaya aksial pada kuat geser rencana link tidak diperhitungkan.

- Kontrol kuat geser

$$\begin{aligned}
 V_p &= 0,6 \cdot f_y \cdot (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w \\
 &= 0,6 \cdot 2500 \cdot (35,6 - 2 \cdot 2,2) \cdot 1,4 \\
 &= 65520 \text{ kg (menentukan)} \\
 M_{px} &= f_y \cdot Z_x = 2500 \cdot 2927 = 7317500 \text{ kg.cm} \\
 1,5 \cdot S_x \cdot f_y &= 1,5 \cdot 2670 \cdot 2500 = 10012500 \text{ kg.cm} \\
 M_{px} \text{ menentukan} &= 7317500 \text{ kg.cm} \\
 2 \cdot M_p / e &= 2 \cdot 7317500 / 35 = 418142,857 \text{ kg} \\
 \theta \cdot V_n &= 0,9 \cdot 65520 = 58968 \text{ kg} \\
 \theta \cdot V_n &> V_u = 58968 \text{ kg} > 23825,68 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$

- Kontrol sudut rotasi *link*

$$\begin{aligned}
 \text{Sudut rotasi } link \\
 1,6 \cdot M_p / V_p &= 1,6 \cdot 7317500 / 70200 = 178,694 \text{ cm} \\
 2,6 \cdot M_p / V_p &= 2,6 \cdot 7317500 / 70200 = 290,377 \text{ cm} \\
 e &= 35 \text{ cm} < 1,6 \cdot M_p / V_p \\
 \text{Karena } e < 1,6 \cdot M_p / V_p, &\text{ berdasarkan SNI 03-1729-} \\
 &2002 \text{ Pasal 15.13.2.7 } \alpha_{maks} = 0,08 \text{ radian} \\
 \Delta &= C_d \cdot \Delta e = 4 \cdot 0,005 \text{ mm} = 0,02 \text{ mm} \\
 \alpha &= \left(\frac{L}{e} \right) \cdot \phi = \left(\frac{300}{0,35} \right) \cdot \left(\frac{0,02}{300} \right) = 0,057 \text{ radian} \\
 \alpha &< \alpha_{maks} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

6.1.1.2 Link (*Damper*) arah X

Pada *link* arah X direncanakan menggunakan profil WF 350 x 350 x 14 x 22 dengan data- data sebagai berikut:

d = 356 mm	i _x = 15,3 cm
b _f = 352 mm	i _y = 8,9 cm
t _f = 22 mm	Z _x = 2927 cm ³
t _w = 14 mm	Z _y = 1378 cm ³
A = 202 cm ²	S _x = 2670 cm ³
q = 159 kg/m	S _y = 909 cm ³
I _x = 47600 cm ⁴	r = 20 cm
I _y = 16000 cm ⁴	h = d - 2(t _f +r)
F _y = 250 Mpa (BJ-41)	= 272 mm

Hasil dari output SAP 2000 untuk *link* arah x diperoleh gaya dalam sebesar:

$$Nu = 54482,61 \text{ kg}$$

$$Vu = 6338,81 \text{ kg}$$

$$\Delta e = 0.005 \text{ mm}$$

- Kontrol penampang

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{352}{2.22} = 8,09$$

$$\lambda_p = \frac{135}{\sqrt{f_y}} = 8,54$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

Pelat badan

$$\begin{aligned} Ny &= Ag \times f_y \\ &= 202 \text{ cm}^2 \times 2500 \text{ kg/m}^2 \\ &= 505000 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\frac{Nu}{\phi \cdot Ny} = \frac{6338,810}{0,9 \cdot 505000} = 0,014 < 0,125$$

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{272}{14} = 19,429$$

$$\lambda_p = \frac{1365}{\sqrt{f_y}} \cdot \left(1 - 1,54 \cdot \frac{Nu}{\phi \cdot Ny} \right)$$

$$\lambda_p = \frac{1365}{\sqrt{250}} \cdot (1 - 1,54 \times 0,011) = 84,861$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

Karena penampang kompak, maka:

$$\begin{aligned} Ny &= Ag \times f_y \\ &= 202 \text{ cm}^2 \times 2500 \text{ kg/m}^2 \\ &= 505000 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$0,15 N_y = 0,15 \cdot 505000 \text{ kg} = 75750 \text{ kg} > N_u$$

Karena $0,15 N_y > N_u$, sehingga:

berdasarkan SNI03-1729-2002 Pasal 15.13.2.5, pengaruh gaya aksial pada kuat geser rencana link tidak diperhitungkan.

- Kontrol kuat geser

$$\begin{aligned} V_p &= 0,6 \cdot f_y \cdot (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w \\ &= 0,6 \cdot 2500 \cdot (35,6 - 2 \cdot 2,2) \cdot 1,4 \\ &= 65520 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

$$M_{px} = f_y \cdot Z_x = 2500 \cdot 2927 = 7317500 \text{ kg.cm}$$

$$1,5 \cdot S_x \cdot f_y = 1,5 \cdot 2670 \cdot 2500 = 10012500 \text{ kg.cm}$$

$$M_{px} \text{ menentukan} = 7317500 \text{ kg.cm}$$

$$2 \cdot M_p / e = 2 \cdot 7317500 / 35 = 418142,857 \text{ kg}$$

$$\theta \cdot V_n = 0,9 \cdot 65520 = 58968 \text{ kg}$$

$$\theta \cdot V_n > V_u = 58968 \text{ kg} > 54482,61 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol sudut rotasi *link*

Sudut rotasi *link*

$$1,6 \cdot M_p / V_p = 1,6 \cdot 7317500 / 70200 = 178,694 \text{ cm}$$

$$2,6 \cdot M_p / V_p = 2,6 \cdot 7317500 / 70200 = 290,377 \text{ cm}$$

$$e = 35 \text{ cm} < 1,6 \cdot M_p / V_p$$

Karena $e < 1,6 \cdot M_p / V_p$, berdasarkan SNI 03-1729-2002 Pasal 15.13.2.7 $\alpha_{maks} = 0,08 \text{ radian}$

$$\Delta = C_d \cdot \Delta e = 4 \cdot 0,005 \text{ mm} = 0,02 \text{ mm}$$

$$\alpha = \left(\frac{L}{e} \right) \cdot \left(\frac{300}{0,35} \right) \cdot \left(\frac{0,02}{300} \right) = 0,057 \text{ radian}$$

$$\alpha < \alpha_{maks} \quad (\text{OK})$$

6.1.2 Bresing

6.1.2.1 Bresing Arah Y

Berdasarkan SNI03-476729-2002 Pasal 15.13.6.1, kuat kombinasi- aksial- dan lentur perlu pada batang bresing harus direncanakan berdasarkan gaya aksial dan momen lentur yang ditimbulkan oleh 1,25 kali kuat geser nominal dari *link* sebesar 1,25 Ry Vn. Kuat rencana batang bresing harus lebih besar dari pada kuat perlu element *link*.

Bresing arah X direncanakan menggunakan profil WF 200 x 150 x 6 x 9, dengan data- data sebagai berikut:

d	= 194 mm	ix	= 8,3 cm
bf	= 150 mm	iy	= 3,61 cm
tf	= 9 mm	Zx	= 296 cm ³
tw	= 6 mm	Zy	= 103 cm ³
A	= 39,01 cm ²	Sx	= 277 cm ³
q	= 30,60 kg/m	Sy	= 67,6 cm ³
Ix	= 2690 cm ⁴	r	= 13 cm
Iy	= 507 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
Fy	= 250 Mpa (BJ-41)		= 150 mm

$$\begin{aligned}
 V_u &= 1,25 \cdot R_y \cdot V_n \\
 &= 1,25 \cdot 1,5 \cdot (0,6 \cdot 2500 \cdot (19,4 - 2 \cdot 0,9) \cdot 0,6) \\
 &= 1,25 \cdot 1,5 \cdot 15840 \\
 &= 29700 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Didapatkan dari Hasil SAP 2000:

Pu tekan = 24928,36 kg

Pu Tarik = 20572,15 kg

- Kontrol penampang

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{150}{2 \cdot 9} = 8,333$$

$$\lambda_R = \frac{250}{\sqrt{fy}} = \frac{250}{\sqrt{250}} = 15,81$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ Penampang tidak langsing

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{150}{6} = 25$$

$$\lambda_R = \frac{665}{\sqrt{fy}} = \frac{665}{\sqrt{250}} = 42,06$$

$\lambda < \lambda_R \rightarrow$ Penampang tidak langsing

- Kontrol kekuatan bresing

Panjang bresing:

$$L = \sqrt{\left(\frac{3,4}{2}\right)^2 + (3 - 0,35^2)} = 3,148m = 314,8cm$$

$$\text{Arah } X \rightarrow \lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{314,8 \cdot 1}{8,3} = 37,93$$

$$\text{Arah } Y \rightarrow \lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{314,8 \cdot 1}{3,61} = 87,21$$

$$\lambda_y \rightarrow \lambda = 87,21$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{87,21}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{250}{200000}} = 0,981$$

$0,25 < \lambda < 1,2$ maka:

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,981} = 1,517$$

Bresing tarik

$$P_{max} = R_y \cdot F_y \cdot Ag$$

$$= 1,5 \cdot 2500 \cdot 39,01 = 146287,5kg$$

$$\phi_c P_n = 0,90 \times 146287,5 \text{ kg} = 131658,75 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n > P_u \rightarrow 131658,75 \text{ kg} > 20572,15 \text{ kg} (OK)$$

Bresing tekan

$$P_{max} = 1,1 \cdot R_y \cdot F_y \cdot A_g \cdot F_y / \omega$$

$$= 1,1 \cdot 1,5 \cdot 2500 \cdot 39,01 / 1,517$$

$$= 106046,753 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n = 0,9 \times 106046,753 \text{ kg} = 95442,078 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n > P_u \rightarrow 95442,078 \text{ kg} > 24928,36 \text{ kg} (OK)$$

6.1.2.2 Bresing Arah X

Berdasarkan SNI03-1729-2002 Pasal 15.13.6.1, kuat kombinasi- aksial- dan lentur perlu pada batang bresing harus direncanakan berdasarkan gaya aksial dan momen lentur yang ditimbulkan oleh 1,25 kali kuat geser nominal dari *link* sebesar 1,25 Ry Vn. Kuat rencana batang bresing harus lebih besar dari pada kuat perlu element *link*.

Bresing arah X direncanakan menggunakan profil WF 200 x 200 x 8 x 12, dengan data- data sebagai berikut:

d	= 200 mm	ix	= 8,62 cm
bf	= 200 mm	iy	= 5,02 cm
tf	= 12 mm	Zx	= 513 cm ³
tw	= 8 mm	Zy	= 243 cm ³
A	= 63,53 cm ²	Sx	= 472 cm ³
q	= 49,90 kg/m	Sy	= 160 cm ³
Ix	= 4720 cm ⁴	r	= 13 cm
Iy	= 1600 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
Fy	= 250 Mpa (BJ-41)		= 150 mm

$$\begin{aligned}
 V_u &= 1,25 \cdot R_y \cdot V_n \\
 &= 1,25 \cdot 1,5 \cdot (0,6 \cdot 2500 \cdot (20 - 2 \cdot 1,2) \cdot 0,8) \\
 &= 1,25 \cdot 1,5 \cdot 21120 = 39600 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Didapatkan dari Hasil SAP 2000:

Pu tekan = 45472,930 kg

Pu Tarik = 38320,24 kg

- Kontrol penampang

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{200}{2 \cdot 12} = 8,333$$

$$\lambda_R = \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{250}} = 15,81$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ Penampang tidak langsing

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{150}{8} = 18,75$$

$$\lambda_R = \frac{665}{\sqrt{f_y}} = \frac{665}{\sqrt{250}} = 42,06$$

$\lambda < \lambda_R \rightarrow$ Penampang tidak langsing

- Kontrol kekuatan bresing

Panjang bresing:

$$L = \sqrt{\left(\frac{7}{2}\right)^2 + (3 - 0,35^2)} = 4,391m = 439cm$$

$$\text{Arah } X \rightarrow \lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{439 \cdot 1}{8,62} = 50,929$$

$$\text{Arah } Y \rightarrow \lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{439 \cdot 1}{3,61} = 87,451$$

$$\lambda_y \rightarrow \lambda = 87,451$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{87,451}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{250}{200000}} = 0,984$$

0,25 < λ < 1,2 maka:

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,984} = 1,52$$

Bresing tarik

$$P_{max} = R_y \cdot F_y \cdot Ag$$

$$= 1,5 \cdot 2500 \cdot 63,53 = 238237,5 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n = 0,90 \times 238237,5 \text{ kg} = 214413,75 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n > Pu \rightarrow 214413,75 \text{ kg} > 45472,93 \text{ (OK)}$$

Bresing tekan

$$P_{max} = 1,1 \cdot R_y \cdot F_y \cdot Ag \cdot F_y / \omega$$

$$= 1,1 \cdot 1,5 \cdot 2500 \cdot 63,53 / 1,52$$

$$= 172375,023 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n = 0,9 \times 172375,023 \text{ kg} = 155137,520 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n > Pu \rightarrow 155137,520 \text{ kg} > 38320,24 \text{ kg (OK)}$$

6.1.3 Kolom

Pada perencanaan kolom dibedakan menjadi 2 tipe kolom. Untuk kolom lantai 1 sampai 6 digunakan profil KC 800 x 450 x 16 x 38 sedangkan untuk kolom lantai 7-12 digunakan profil KC 588x300x12x20. Perbedaan dimensi kolom yang direncanakan karena beban bangunan yang didukung oleh kolom semakin keatas semakin kecil sehingga dimensi kolom atas lebih kecil daripada dimensi kolom bawah.

6.1.3.1 Kolom Lantai 1-6

Pada perencanaan ini ditunjukkan contoh perhitungan pada kolom lantai dasar elemen 2736. Direncanakan menggunakan profil King Cross 800 x 450 x 16 x 38 dengan panjang kolom 450 cm. berikut data- data profil yang digunakan:

$$\begin{aligned}
 H &= 800 \text{ mm} & I_x &= 605199.30 \text{ cm}^4 \\
 B &= 450 \text{ mm} & I_y &= 6051599.30 \text{ cm}^4 \\
 t_w &= 16 \text{ mm} & i_x &= 25,74 \text{ cm} \\
 t_f &= 38 \text{ mm} & i_y &= 25,74 \text{ cm} \\
 A &= 913,12 \text{ cm}^2 \\
 Z_x &= 19019,176 \text{ cm}^3 \\
 h &= 724 \text{ mm} \\
 f_y &= 250 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan gaya dalam yang bekerja sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_u &= 647688,62 \text{ kg} \\
 M_{ux} &= 6551511,07 \text{ kgcm} \\
 M_{uy} &= 9731855,42 \text{ kgcm}
 \end{aligned}$$

a. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{450}{2 \times 38} = 5,921$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,748$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 5,921 \leq 10,748 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{596/2}{16} = 22,625$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,349$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 22,625 \leq 106,349 \rightarrow$ penampang kompak

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 19019,176 \\ &= 47549290 \text{ kgcm} \\ &= 475492,9 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0.9 \times 475492,9$$

$$= 42794361 \text{ kgcm} > 6551511,07 \text{ kgcm} \dots \text{OK!}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

Panjang tak terkekang adalah tinggi kolom- d_{balok}

$$L_b = 300 - 48,2 = 251,8 \text{ cm.}$$

$$L_p = 1.76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 25,744 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} = 1282 \text{ cm}$$

$L_b \leq L_p \rightarrow 251,8 \text{ cm} \leq 1282 \text{ cm} \rightarrow$ bentang pendek

- Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 22531 = 54074400 \text{ kgcm}$$

- b. Kuat nominal tekan kolom

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 2 \cdot 10^6}{\left(\frac{1.300}{2,8}\right)^2} = 1719,50$$

$$\frac{F_y}{F_e} = \frac{2500}{1719,50} = 1,45 \leq 2,25$$

Maka, dipakai rumus :

$$F_{cr} = \left[0,658 \frac{F_y}{F_e} \right] f_y = \left[0,658 \frac{2500}{1719,50} \right] 2500 = 1360,37$$

Sehingga $P_n = A_g \cdot F_{cr}$

$$= 913,120 \cdot 1360,37 = 1242181,81 \text{ kg}$$

c. Kekuatan lentur dan aksial orde kedua

Arah sumbu X :

- Kontrol momen terhadap beban gravitasi

Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:

$$M_1 = 2146279,99 \text{ kgcm}$$

$$M_2 = 6551511,07 \text{ kgcm}$$

$$C_m = 0.6 - 0.4(M_1/M_2)$$

$$= 0.6 - 0.4(2146279,99/6551511,07)$$

$$= 0,468$$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2} = \frac{\pi^2 20.10^5.605199,30}{(1.300)^2} = 132735059,4 \text{ kg}$$

Untuk DFBK, $\alpha = 1$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha P_1/P_{e1}} = \frac{0,468}{1 - 1.647688,62/132735059} = 0,47 < 1,0 \text{ sehingga dipakai } 1,0$$

- Kontrol momen terhadap beban lateral

Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:

$$P_{\text{story}} = 227886,93 \text{ kg}$$

$$\Delta_H = 7,15 \text{ cm}$$

$$H = 12764,33 \text{ kg}$$

Untuk sistem rangka berbreis $P_{mf} = 0$, sehingga:

$$R_m = 1 - 0.15 \left(\frac{P_{mf}}{P_{\text{story}}} \right) = 1 - 0.15 \left(\frac{0}{227886,93} \right) = 1$$

$$P_{e_story} = R_m \frac{HL}{\Delta_H} = 1 \frac{12764,33.3000}{7,15} = 5356144,99 \text{ kg}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{\text{story}}}{P_{e_story}}} = \frac{1}{1 - \frac{1.227886,93}{5356144,99}} = 1,04$$

$B_2 = 1,04 \geq 1.0$ dapat dipakai 1,04

- Momen terfaktor pada sumbu X

Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:

$$M_{nt} = 13401,33 \text{ kg cm}$$

$$M_{lt} = 4571069,62 \text{ kg cm}$$

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt}$$

$$M_{rx} = (1,0 \times 13401,33) + (1,04 \times 4571069,62) \\ = 4787597,8 \text{ kgcm}$$

Arah sumbu Y :

- Kontrol momen terhadap beban gravitasi

Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:

$$M_1 = 2729519,66 \text{ kgcm}$$

$$M_2 = 9731855,42 \text{ kgcm}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4(M_1/M_2)$$

$$= 0,6 - 0,4(2729519,66/9731855,42)$$

$$= 0,487$$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2} = \frac{\pi^2 20 \cdot 10^5 \cdot 605199,30}{(1.300)^2} = 132735059 \text{ kg}$$

Untuk DFBK, $\alpha = 1$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha P_1/P_{e1}} = \frac{0,487}{1 - 1.647688,62/132735059} \\ = 0,49 < 1,0 \text{ sehingga dipakai } 1,0$$

- Kontrol momen terhadap beban lateral

Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:

$$P_{\text{story}} = 243189,42 \text{ kg}$$

$$\Delta_H = 10,47 \text{ cm}$$

$$H = 19313,08 \text{ kg}$$

Untuk sistem rangka berbreis $P_{mf} = 0$, sehingga:

$$R_m = 1 - 0.15 \left(\frac{P_{mf}}{P_{story}} \right) = 1 - 0.15 \left(\frac{0}{243189,42} \right) = 1$$

$$P_{e_story} = R_m \frac{HL}{\Delta_H} = 1 \frac{9313,08.3000}{10,47} = 5533273,877 \text{ kg}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e_story}}} = \frac{1}{1 - \frac{1.243189,42}{5533273,877}} = 1,04$$

$B_2 = 1,04 \geq 1.0$ dapat dipakai 1,04

- Momen terfaktor pada sumbu Y
Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:

$$M_{nt} = 802510,79 \text{ kg cm}$$

$$M_{lt} = 6758344,62 \text{ kg cm}$$

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt}$$

$$M_{ry} = (1,0 \times 802510,79) + (1,04 \times 6758344,62) = 7871541,9 \text{ kgcm}$$

- Kuat aksial orde kedua
Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:

$$P_{lt} = 59911,1 \text{ kg cm}$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_{lt} = 647688,62 + (1,04 \cdot 59911,1) = 710353,88 \text{ kg}$$

- d. Kontrol interaksi aksial-momen

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{P_r}{\phi_c P_n} = \frac{710353,88}{0.90 \times 1242181,81} = 0.635 \geq 0.2$$

Maka digunakan rumus interaksi pertama sebagai berikut:

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0$$

$$0,635 + \frac{8}{9} \left(\frac{4787597,8}{42794361} + \frac{7871541,9}{42794361} \right) = 0,9$$

Hasil kontrol interaksi yaitu $0,9 < 1,00$ sehingga kolom yang direncanakan dapat dipakai.

6.1.3.2 Kolom Lantai 7-12

Pada perencanaan ini ditunjukkan contoh perhitungan pada kolom lantai dasar elemen 1281. Direncanakan menggunakan profil King Cross 588 x 300 x 12 x 20 dengan panjang kolom 450 cm. berikut data- data profil yang digunakan:

$$\begin{aligned} H &= 588 \text{ mm} & I_x &= 127020 \text{ cm}^4 \\ B &= 300 \text{ mm} & I_y &= 132585 \text{ cm}^4 \\ t_w &= 13 \text{ mm} & i_x &= 18,6 \text{ cm} \\ t_f &= 20 \text{ mm} & i_y &= 18,6 \text{ cm} \\ A &= 385 \text{ cm}^2 \\ Z_x &= 5228,208 \text{ cm}^3 \\ h &= 492 \text{ mm} \\ f_y &= 250 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan gaya dalam yang bekerja sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_u &= 283163,82 \text{ kg} \\ M_{ux} &= 166841,61 \text{ kgcm} \\ M_{uy} &= 3535141,19 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

a. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal
Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{2 \times 20} = 7,5$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,748$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 7,5 \leq 10,748 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{588/2}{16} = 18,923$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,349$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 18,923 \leq 106,349 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 5228,208 \\ &= 13070520 \text{ kgcm} \\ &= 130705,2 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0.9 \times 13070520 \\ &= 11763468 \text{ kgcm} > 1662841,61 \text{ kgcm} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral
Panjang tak terkekang adalah tinggi kolom-d_{balok}
 $L_b = 300 - 48,2 = 251,8 \text{ cm}$.

$$L_p = 1.76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 18,160 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} = 904 \text{ cm}$$

$$L_b \leq L_p \rightarrow 251,8 \text{ cm} \leq 904 \text{ cm} \rightarrow \text{bentang pendek}$$

- Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 5228,208 = 13070520 \text{ kgcm}$$

- e. Kuat nominal tekan kolom

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 2.10^6}{\left(\frac{1.300}{2,8}\right)^2} = 1719,50$$

$$\frac{F_y}{F_e} = \frac{2500}{1719,50} = 1,45 \leq 2,25$$

Maka, dipakai rumus :

$$F_{cr} = \left[0,658^{\frac{F_y}{F_e}} \right] f_y = \left[0,658^{\frac{2500}{2.10^6}} \right] 2500 = 1360,37$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } P_n &= A_g \cdot F_{cr} \\ &= 385 \cdot 1360,37 \\ &= 523742,768 \text{ kg} \end{aligned}$$

f. Kekuatan lentur dan aksial orde kedua

Arah sumbu X :

- Kontrol momen terhadap beban gravitasi

Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:

$$M_1 = 1662841,61 \text{ kgcm}$$

$$M_2 = 1461285,76 \text{ kgcm}$$

$$\begin{aligned} C_m &= 0,6 - 0,4(M_1/M_2) \\ &= 0,6 - 0,4(1662841,61/1461285,76) \\ &= 0,144 \end{aligned}$$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2} = \frac{\pi^2 20 \cdot 10^5 \cdot 127020}{(1.300)^2} = 27858603,4 \text{ kg}$$

Untuk DFBK, $\alpha = 1$

$$\begin{aligned} B_1 &= \frac{C_m}{1 - \alpha P_1/P_{e1}} = \frac{0,144}{1 - 1.283163,82/27858603,4} \\ &= 0,14 < 1,0 \text{ sehingga dipakai } 1,0 \end{aligned}$$

- Kontrol momen terhadap beban lateral

Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:

$$P_{\text{story}} = 70064,85 \text{ kg}$$

$$\Delta_H = 19,89 \text{ cm}$$

$$H = 6867,35 \text{ kg}$$

Untuk sistem rangka berbreis $P_{mf} = 0$, sehingga:

$$R_m = 1 - 0.15 \left(\frac{P_{mf}}{P_{story}} \right) = 1 - 0.15 \left(\frac{0}{70064,85} \right) = 1$$

$$P_{e_story} = R_m \frac{HL}{\Delta_H} = 1 \frac{6867,35.3000}{19,89} = 1035864,887 \text{ kg}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e_story}}} = \frac{1}{1 - \frac{1.70064,85}{1035864,887}} = 1,07$$

$B_2 = 1,07 \geq 1.0$ dapat dipakai 1,07

- Momen terfaktor pada sumbu X

Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:

$$M_{nt} = 45828,56 \text{ kg cm}$$

$$M_{lt} = 1125429,67 \text{ kg cm}$$

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt}$$

$$M_{rx} = (1,0 \times 45828,56) + (1,07 \times 1125429,67) \\ = 1252903,56 \text{ kgcm}$$

Arah sumbu Y :

- Kontrol momen terhadap beban gravitasi

Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:

$$M_1 = 3535141,19 \text{ kgcm}$$

$$M_2 = 2817254,86 \text{ kgcm}$$

$$C_m = 0.6 - 0.4(M_1/M_2)$$

$$= 0.6 - 0.4(3535141,19/2817254,86)$$

$$= 0,1$$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2} = \frac{\pi^2 20.10^5 . 132585}{(1.300)^2} = 29079144,4 \text{ kg}$$

Untuk DFBK, $\alpha = 1$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha P_1 / P_{cl}} = \frac{0,1}{1 - 1.283163,82 / 29079144,4} = 0,1 < 1,0 \text{ sehingga dipakai } 1,0$$

- Kontrol momen terhadap beban lateral
Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:

$$P_{story} = 76580,08 \text{ kg}$$

$$\Delta_H = 17,52 \text{ cm}$$

$$H = 12322,74 \text{ kg}$$

Untuk sistem rangka berbreis $P_{mf} = 0$, sehingga:

$$R_m = 1 - 0.15 \left(\frac{P_{mf}}{P_{story}} \right) = 1 - 0.15 \left(\frac{0}{283163,82} \right) = 1$$

$$P_{e_story} = R_M \frac{HL}{\Delta_H} = 1 \frac{12322,74.3000}{17,52} = 2109821,466 \text{ kg}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e_story}}} = \frac{1}{1 - \frac{1.76580,08}{2109821,466}} = 1,037$$

$$B_2 = 1,037 \geq 1.0 \text{ dapat dipakai } 1,037$$

- Momen terfaktor pada sumbu Y
Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:

$$M_{nt} = 617155,72 \text{ kg cm}$$

$$M_{lt} = 2029258,41 \text{ kg cm}$$

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt}$$

$$M_{ry} = (1,0 \times 617155,72) + (1,037 \times 2029258,41) = 2722844,2 \text{ kg cm}$$

- Kuat aksial orde kedua

Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:

$$P_{lt} = 18665,82 \text{ kg cm}$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_{lt} = 283163,82 + (1,037.18665,82) = 302532,670 \text{ kg}$$

g. Kontrol interaksi aksial-momen

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{P_r}{\phi_c P_n} = \frac{302532,670}{0,90 \times 523742,768} = 0,641 \geq 0,2$$

Maka digunakan rumus interaksi pertama sebagai berikut:

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0$$

$$0,641 + \frac{8}{9} \left(\frac{1252903,56}{11763468} + \frac{2722844,2}{11763468} \right) = 0,94$$

Hasil kontrol interaksi yaitu $0,94 < 1,00$ sehingga kolom yang direncanakan dapat dipakai.

6.1.4 Balok Induk

6.1.4.1 Balok Induk Lantai Bentang 7 meter

Balok induk memanjang direncanakan menggunakan profil

WF 500 × 300 × 11 × 15

d	= 482 mm	ix	= 20,4 cm
bf	= 300 mm	iy	= 6,82 cm
tf	= 11 mm	Zx	= 2663 cm ³
tw	= 15 mm	Zy	= 689 cm ³
A	= 145,5 cm ²	Sx	= 2500 cm ³
q	= 114 kg/m	Sy	= 451 cm ³
Ix	= 60400 cm ⁴	r	= 26 cm
Iy	= 6760 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
Fy	= 250 Mpa (BJ-41)		= 408 mm

Dari analisis SAP 2000, didapatkan gaya dalam dan lendutan yang terjadi pada balok induk memanjang adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= 46273,33 \text{ kgm} & f &= 0,23 \text{ cm} \\ \text{Vu} &= 24168,51 \text{ kg} \end{aligned}$$

a. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{2 \times 11} = 13,63$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,748$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 13,63 \geq 10,96 \rightarrow \text{penampang tidak kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{408}{15} = 27,2$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,349$$

$$\lambda_r = 1 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 28,28$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 27,2 \leq 106,349 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Karena penampang tidak kompak, maka

$$M_p = Z_x \cdot F_y = 2663,2500 = 6657500 \text{ cm} = 66575 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_p - (M_p - 0,7 F_y \cdot S_x) \left(\frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \\ &= 66750 - (66575 - 0,7 \cdot 2500 \cdot 2500) \left(\frac{13,63 - 10,748}{28,28 - 10,748} \right) \\ &= 6281557 \text{ kgcm} = 62816,6 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 62816,6$$

$$= 56534,009 \text{ kgm} > 46273,33 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral
Panjang tak terkekang adalah jarak balok anak sehingga $L_b = 210 \text{ cm}$.

$$L_p = 1,76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 6,82 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} = 339,501 \text{ cm}$$

$$L_b \leq L_p \rightarrow 210 \text{ cm} \leq 339,501 \text{ cm} \rightarrow \text{bentang pendek}$$

- Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 2663 \\ &= 6657500 \text{ kgcm} = 66575 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \times 66575 \\ &= 59917,5 \text{ kgm} > 46273,33 \text{ kgm} \dots \text{OK !} \end{aligned}$$

- b. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{408}{15} = 27,2 < 260 \rightarrow kv = 5$$

$$\lambda_p = 1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\text{karena } \frac{h_w}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 27,2 \leq 69,75$$

maka $C_v = 1,00$; sehingga

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v = 0,6 \times 2500 \times (48,2 \times 1,5) \times 1,00 = 108450 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,9 \times 108450 \\ &= 97605 \text{ kg} > 24168,51 \text{ kg} \dots \text{OK !} \end{aligned}$$

c. Kontrol lendutan

$$L = 700 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{700}{360} = 1,94 \text{ cm}$$

Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan lendutan batang sebesar

$$f = 0,23 \text{ cm}$$

$$f \leq f_{ijin} \rightarrow 0,23 \text{ cm} \leq 1,94 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

6.1.4.2 Balok Induk Lantai Bentang 4 meter

Balok induk memanjang direncanakan menggunakan profil

WF 500 × 200 × 10 × 16

$$d = 500 \text{ mm}$$

$$i_x = 20,5 \text{ cm}$$

$$b_f = 200 \text{ mm}$$

$$i_y = 4,33 \text{ cm}$$

$$t_f = 16 \text{ mm}$$

$$Z_x = 2096 \text{ cm}^3$$

$$t_w = 10 \text{ mm}$$

$$Z_y = 332 \text{ cm}^3$$

$$A = 114,20 \text{ cm}^2$$

$$S_x = 1910 \text{ cm}^3$$

$$q = 89,6 \text{ kg/m}$$

$$S_y = 214 \text{ cm}^3$$

$$I_x = 47800 \text{ cm}^4$$

$$r = 20 \text{ cm}$$

$$I_y = 2140 \text{ cm}^4$$

$$h = d - 2(t_f + r)$$

$$F_y = 250 \text{ Mpa (BJ-41)}$$

$$= 428 \text{ mm}$$

Dari analisis SAP 2000, didapatkan gaya dalam dan lendutan yang terjadi pada balok induk memanjang adalah sebagai berikut :

$$M_u = 15174,82 \text{ kgm}$$

$$f = 0,01 \text{ cm}$$

$$V_u = 8741,750 \text{ kg}$$

d. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 16} = 6,25$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.748$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 6,25 < 10.96 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{428}{10} = 42,8$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,349$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 42,8 \leq 106,349 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_n = M_p = Z_x \cdot F_y = 2096.2500 = 5240000 \text{ cm} = 52400 \text{ kgm}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0.9 \times 52400$$

$$= 47160 \text{ kgm} > 15174,82 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral
Panjang tak terkekang adalah jarak balok anak sehingga $L_b = 170 \text{ cm}$.

$$L_p = 1,76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 4,33 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} = 215,548 \text{ cm}$$

$$L_b \leq L_p \rightarrow 170 \text{ cm} \leq 215,548 \text{ cm} \rightarrow \text{bentang pendek}$$

- Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 2096$$

$$= 5240000 \text{ kgcm} = 52400 \text{ kgm}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0.9 \times 52400$$

$$= 47160 \text{ kgm} > 15174,82 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

e. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{428}{10} = 42,8 < 260 \rightarrow kv = 5$$

$$\lambda_p = 1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\text{karena } \frac{h_w}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 27,2 \leq 69,75$$

maka $C_v = 1,00$; sehingga

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v = 0,6 \times 2500 \times (50 \times 1,0) \times 1,00 = 75000 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi V_n = 0,9 \times 75000$$

$$= 67500 \text{ kg} > 8741,75 \text{ kg} \dots \text{OK !}$$

f. Kontrol lendutan

$$L = 400 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{400}{360} = 1,11 \text{ cm}$$

Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan lendutan batang sebesar

$$f = 1,01 \text{ cm}$$

$$f \leq f_{ijin} \rightarrow 0,01 \text{ cm} \leq 1,11 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

6.1.4.3 Balok Induk Lantai Bentang 2 meter

Balok induk memanjang direncanakan menggunakan profil WF 300 \times 150 \times 5,5 \times 8

$$d = 298 \text{ mm}$$

$$i_x = 12,4 \text{ cm}$$

$$b_f = 149 \text{ mm}$$

$$i_y = 3,29 \text{ cm}$$

$$t_f = 8 \text{ mm}$$

$$Z_x = 455 \text{ cm}^3$$

$$t_w = 5,5 \text{ mm}$$

$$Z_y = 91 \text{ cm}^3$$

$$A = 40,8 \text{ cm}^2$$

$$S_x = 424 \text{ cm}^3$$

$$q = 32 \text{ kg/m}$$

$$S_y = 59,3 \text{ cm}^3$$

$$\begin{array}{ll}
 I_x &= 6320 \text{ cm}^4 & r &= 13 \text{ cm} \\
 I_y &= 442 \text{ cm}^4 & h &= d - 2(tf+r) \\
 F_y &= 250 \text{ Mpa (BJ-41)} & &= 256 \text{ mm}
 \end{array}$$

Dari analisis SAP 2000, didapatkan gaya dalam dan lendutan yang terjadi pada balok induk memanjang adalah sebagai berikut :

$$\begin{array}{ll}
 M_u &= 6496,37 \text{ kgm} & f &= 0,01 \text{ cm} \\
 V_u &= 7125,61 \text{ kg}
 \end{array}$$

a. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal
Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{149}{2 \times 8} = 9,312$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,748$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 9,312 < 10,96 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{256}{8} = 46,54$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,349$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 46,54 \leq 106,349 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Karena penampang tidak kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_n = M_p = Z_x \cdot F_y = 455 \cdot 2500 = 1137500 \text{ cm} = 11375 \text{ kgm}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 11375$$

$$= 10237,5 \text{ kgm} > 6496,37 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral
Panjang tak terkekang adalah jarak balok anak sehingga $L_b = 200 \text{ cm}$.

$$L_p = 1,76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 3,29 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} = 163,777 \text{ cm}$$

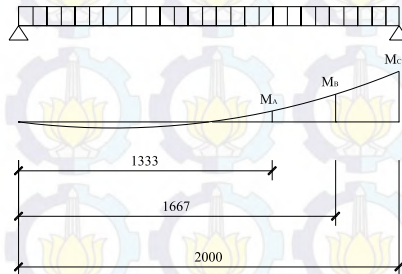
$$L_p < L_b \leq L_r$$

$163,777 < 200 \text{ cm} \leq 458,415 \text{ cm} \rightarrow$ bentang menengah

- Karena bentang menengah, maka:

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0,7 F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_r}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 455 \\ &= 1137500 \text{ kgcm} = 11375 \text{ kgm} \end{aligned}$$



Gambar 6.1 Diagram Momen Balok Lantai Bentang 2 m

Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:

$$M_A = 2034,96$$

$$M_B = 4226,63$$

$$M_C = M_{\text{Max}} = 6496,37$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{\text{max}}}{2,5 M_{\text{max}} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,3$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{12,5 \cdot 6496,37}{2,5 \cdot 6496,37 + 3 \cdot 2034,96 + 4 \cdot 4226,63 + 3 \cdot 6496,37} \\
 &= 1,38 \leq 2,3 \rightarrow Cb = 1,38 \\
 M_n &= C_b \left[M_p - (M_p - 0,7F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_r}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \\
 &= 1,31 \left[11375 + (11375 - 0,7 \cdot 2500 \cdot 455) \frac{200 - 458,415}{458,415 - 163,77} \right] \\
 &= 167912912,2 \text{ kgcm} \\
 &= 679129,122 \text{ kgm} > M_p \rightarrow \text{Maka dipakai } M_p
 \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 11375$$

$$= 10237,5 \text{ kgm} > 6496,37 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

g. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{256}{5,5} = 46,545 < 260 \rightarrow kv = 5$$

$$\lambda_p = 1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\text{karena } \frac{h_w}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 46,545 \leq 69,75$$

maka $C_v = 1,00$; sehingga

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v = 0,6 \times 2500 \times (29,8 \times 0,55) \times 1,00 = 24585 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi V_n = 0,9 \times 24585$$

$$= 22126,5 \text{ kg} > 7125,61 \text{ kg} \dots \text{OK !}$$

h. Kontrol lendutan

$$L = 200 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{200}{360} = 0,55 \text{ cm}$$

Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan lendutan batang sebesar

$$f = 0,0057 \text{ cm}$$

$$f \leq f_{ijin} \rightarrow 0,0057 \text{ cm} \leq 0,55 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

Berikut ini merupakan rekap dimensi balok induk lantai yang akan dipakai :

Tabel 6.1 Rekap Balok Induk Lantai

Bentang (m)	Dimensi Balok Induk
7	WF 500 × 300 × 11 × 15
4	WF 500 × 200 × 10 × 16
2	WF 300 × 150 × 5,5 × 8

6.1.4.4 Balok Induk Atap Bentang 7 meter

Balok induk memanjang direncanakan menggunakan profil

WF 500 × 200 × 10 × 16

$$d = 500 \text{ mm}$$

$$bf = 200 \text{ mm}$$

$$tf = 16 \text{ mm}$$

$$tw = 10 \text{ mm}$$

$$A = 114,20 \text{ cm}^2$$

$$q = 89,6 \text{ kg/m}$$

$$I_x = 47800 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 2140 \text{ cm}^4$$

$$F_y = 250 \text{ Mpa (BJ-41)}$$

$$ix = 20,5 \text{ cm}$$

$$iy = 4,33 \text{ cm}$$

$$Z_x = 2096 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 332 \text{ cm}^3$$

$$S_x = 1910 \text{ cm}^3$$

$$S_y = 214 \text{ cm}^3$$

$$r = 20 \text{ cm}$$

$$h = d - 2(tf + r)$$

$$= 428 \text{ mm}$$

Dari analisis SAP 2000, didapatkan gaya dalam dan lendutan yang terjadi pada balok induk memanjang adalah sebagai berikut :

$$Mu = 17032,88 \text{ kgm} \quad f = 0,14 \text{ cm}$$

$$Vu = 10527,48 \text{ kg}$$

- a. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur
 - Kontrol penampang terhadap tekuk lokal
 Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 16} = 6,25$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,748$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 6,25 < 10,96 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{408}{15} = 27,2$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,349$$

$$\lambda_r = 1 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 28,28$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 27,2 \leq 106,349 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Karena penampang kompak, maka

$$M_n = M_p = Z_x \cdot F_y = 2096.2500 = 5240000 \text{ cm} = 52400 \text{ kgm}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 52400$$

$$= 47160 \text{ kgm} > 17032,880 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral
 Panjang tak terkekang adalah jarak balok anak sehingga
 $L_b = 210 \text{ cm}$.

$$L_p = 1,76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 4,33 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} = 215,548 \text{ cm}$$

$$L_b \leq L_p \rightarrow 210 \text{ cm} \leq 215,548 \text{ cm} \rightarrow \text{bentang pendek}$$

- Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 2096 \\ &= 5240000 \text{ kgcm} = 52400 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0.9 \times 52400$$

$$= 47160 \text{ kgm} > 17032,880 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

- b. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{428}{10} = 42,8 < 260 \rightarrow kv = 5$$

$$\lambda_p = 1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\text{karena } \frac{h_w}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 42,8 \leq 69,75$$

maka $C_v = 1.00$; sehingga

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0,6 \times 2500 \times (50 \times 1) \times 1.00 = 75000 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi V_n = 0.9 \times 75000$$

$$= 67500 \text{ kg} > 10527,48 \text{ kg} \dots \text{OK !}$$

6. Kontrol lendutan

$$L = 700 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{700}{360} = 1,94 \text{ cm}$$

Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan lendutan batang sebesar

$$f = 0,14 \text{ cm}$$

$$f \leq f_{ijin} \rightarrow 0,14 \text{ cm} \leq 1,94 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

6.1.4.5 Balok Induk Atap Bentang 4 meter

Balok induk memanjang direncanakan menggunakan profil

WF 450 × 300 × 10 × 15

d	= 434 mm	ix	= 18,6 cm
bf	= 299 mm	iy	= 7,04 cm
tf	= 15 mm	Zx	= 1187 cm ³
tw	= 10 mm	Zy	= 681 cm ³
A	= 135 cm ²	Sx	= 2160 cm ³
q	= 106 kg/m	Sy	= 448 cm ³
Ix	= 46800 cm ⁴	r	= 20 cm
Iy	= 6690 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
Fy	= 250 Mpa (BJ-41)		= 364 mm

Dari analisis SAP 2000, didapatkan gaya dalam dan lendutan yang terjadi pada balok induk memanjang adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= 9278,93 \text{ kgm} & f &= 0,13 \text{ cm} \\ \text{Vu} &= 7721,37 \text{ kg} \end{aligned}$$

- a. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur
 - Kontrol penampang terhadap tekuk lokal
- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{299}{2 \times 15} = 9,96$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,748$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 9,96 < 10,96 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{364}{10} = 36,4$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,349$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 36,4 \leq 106,349 \rightarrow$ penampang kompak

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_n = M_p = Z_x \cdot F_y = 2287 \cdot 2500 = 5717500 \text{ cm} = 57175 \text{ kgm}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 57175$$

$$= 51457,5 \text{ kgm} > 9278,930 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral
Panjang tak terkekang adalah jarak balok anak sehingga
 $L_b = 350 \text{ cm}$.

$$L_p = 1,76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 7,04 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} = 350,453 \text{ cm}$$

$$L_b \leq L_p \rightarrow 350 \text{ cm} \leq 350,45 \text{ cm} \rightarrow \text{bentang pendek}$$

- Karena bentang pendek, maka $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 2287$$

$$= 5240000 \text{ kgcm} = 52400 \text{ kgm}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 52400$$

$$= 5717500 \text{ kgm} > 9278,930 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

- b. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{364}{10} = 36,4 < 260 \rightarrow kv = 5$$

$$\lambda_p = 1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\text{karena } \frac{h_w}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 36,4 \leq 69,75$$

maka $C_v = 1,00$; sehingga

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0,6 \times 2500 \times (43,4 \times 1,0) \times 1,00 = 65100 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi V_n = 0.9 \times 65100$$

$$= 58590 \text{ kg} > 7721,37 \text{ kg} \dots \text{OK !}$$

c. Kontrol lendutan

$$L = 350 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{350}{360} = 0,97 \text{ cm}$$

Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan lendutan batang sebesar

$$f = 0,97 \text{ cm}$$

$$f \leq f_{ijin} \rightarrow 0,13 \text{ cm} \leq 1,11 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

6.1.4.6 Balok Induk Lantai Bentang 2 meter

Balok induk memanjang direncanakan menggunakan profil

WF 250×125×6×9

$$d = 250 \text{ mm}$$

$$i_x = 10,4 \text{ cm}$$

$$b_f = 125 \text{ mm}$$

$$i_y = 2,79 \text{ cm}$$

$$t_f = 6 \text{ mm}$$

$$Z_x = 352 \text{ cm}^3$$

$$t_w = 9 \text{ mm}$$

$$Z_y = 72 \text{ cm}^3$$

$$A = 37,66 \text{ cm}^2$$

$$S_x = 324 \text{ cm}^3$$

$$q = 29,6 \text{ kg/m}$$

$$S_y = 47 \text{ cm}^3$$

$$I_x = 4050 \text{ cm}^4$$

$$r = 12 \text{ cm}$$

$$I_y = 294 \text{ cm}^4$$

$$h = d - 2(t_f + r)$$

$$F_y = 250 \text{ Mpa (BJ-41)}$$

$$= 214 \text{ mm}$$

Dari analisis SAP 2000, didapatkan gaya dalam dan lendutan yang terjadi pada balok induk memanjang adalah sebagai berikut :

$$M_u = 6845,54 \text{ kgm}$$

$$f = 0,03 \text{ cm}$$

$$V_u = 10133,850 \text{ kg}$$

a. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol penampang terhadap

tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{125}{2.6} = 10,41$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.748$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 9,312 < 10.96 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{214}{9} = 23,77$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,349$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 23,77 \leq 106,349 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_n = M_p = Z_x \cdot F_y = 352.2500 = 880000 \text{ cm} = 8800 \text{ kgm}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0.9 \times 8800$$

$$= 7920 \text{ kgm} > 6842,540 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

Panjang tak terkekang adalah jarak balok anak sehingga

$$L_b = 200 \text{ cm.}$$

$$L_p = 1,76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 2,79 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} = 138,887 \text{ cm}$$

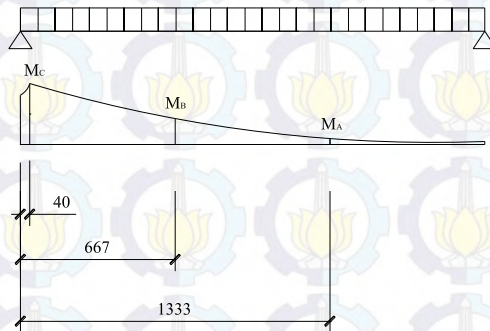
$$L_p < L_b \leq L_r$$

$$138,887 < 200 \text{ cm} \leq 428,221 \text{ cm} \rightarrow \text{bentang menengah}$$

- Karena bentang menengah, maka:

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0,7 F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_r}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 455 \\ &= 1137500 \text{ kgcm} = 11375 \text{ kgm} \end{aligned}$$



Gambar 6.2 Diagram Momen Balok Atap Bentang 2 m

Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:

$$M_A = 359,57$$

$$M_B = 858,49$$

$$M_C = M_{\text{Max}} = 6842,54$$

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{12,5 M_{\text{max}}}{2,5 M_{\text{max}} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,3 \\ &= \frac{12,5 \cdot 6842,54}{2,5 \cdot 6842,54 + 3 \cdot 359,57 + 4 \cdot 858,49 + 3 \cdot 6842,54} \\ &= 2,029 \leq 2,3 \rightarrow C_b = 2,029 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= C_b \left[M_p - (M_p - 0,7 F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_r}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \\
 &= 2,029 \left[8800 + (8800 - 0,7 \cdot 2500 \cdot 324) \frac{200 - 428,221}{428,221 - 138,887} \right] \\
 &= 159647762 \text{ kgcm} \\
 &= 1596477,62 \text{ kgm} > M_p \rightarrow \text{Maka dipakai } M_p
 \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 8800$$

$$= 7920 \text{ kgm} > 6842,54 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

i. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{214}{9} = 23,778 < 260 \rightarrow k_v = 5$$

$$\lambda_p = 1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\text{karena } \frac{h_w}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 46,545 \leq 69,75$$

maka $C_v = 1,00$; sehingga

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v = 0,6 \times 2500 \times (25 \times 0,9) \times 1,00 = 33750 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi V_n = 0,9 \times 33750$$

$$= 30375 \text{ kg} > 10133,85 \text{ kg} \dots \text{OK !}$$

j. Kontrol lendutan

$$L = 200 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{200}{360} = 0,55 \text{ cm}$$

Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan lendutan batang sebesar

$$f = 0,03 \text{ cm}$$

$$f \leq f_{ijin} \rightarrow 0,03 \text{ cm} \leq 0,55 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

Pada perhitungan balok dengan bentang menengah, untuk balok lain (dengan panjang bentang yang sama dan memiliki momen maksimum di tengah bentang) memiliki momen yang kurang dari momen maksimum pada balok yang berada di tumpuan. Sehingga untuk perhitungannya dapat digunakan.

Berikut ini merupakan rekap dimensi balok induk atap yang akan dipakai :

Tabel 6.2 Rekap Balok Induk Atap

Bentang (m)	Dimensi Balok Induk
7	WF 500 × 200 × 10 × 16
4	WF 450 × 300 × 10 × 15
2	WF 250 × 125 × 6 × 9

6.2 Perencanaan Sambungan

6.2.1 Sambungan Balok Anak Lantai Dengan Balok Induk

Sambungan antara balok anak lantai hotel dan balok induk direncanakan dengan baut yang hanya memikul beban geser dari balok anak, sehingga dalam analisa dianggap sebagai sendi.

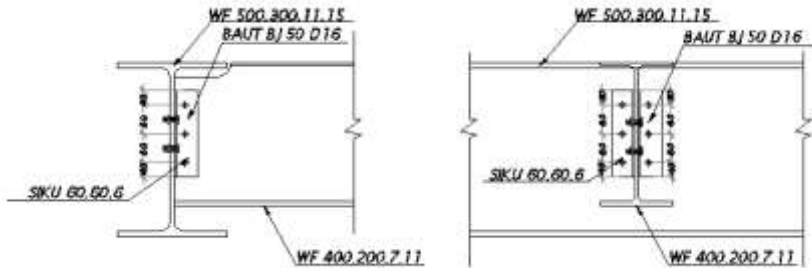
Ada 3 jenis dimensi balok anak lantai dengan balok induk pada bangunan ini:

Tabel 6.3 Dimensi Balok Induk Lantai dan Balok Anak Lantai

No	Balok Induk Lantai	Balok Anak
1	WF 500 x 300 x 11 x 15	WF 400 x 200 x 7 x 11
2	WF 500 x 200 x 10 x 16	WF 200 x 100 x 5,5 x 8
3	WF 500 x 300 x 11 x 15	WF 200 x 150 x 6 x 9
4	WF 500 x 300 x 11 x 15	Wf 200 x 100 x 5,5 x 8

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok anak sebesar 9533,75 kg, dengan dimensi

balok anak WF 400 x 200 x 7 x 11 dan balok induk WF 500 x 300 x 11 x 15. Pada sambungan ini direncanakan dengan profil siku 60 x 60 x 6.



Gambar 6.3 Sambungan Balok Anak Lantai Dengan Balok Induk

- Sambungan Pada Badan Balok Anak:

$\varnothing_{\text{baut}} = 16\text{mm}$ ($A_b = 2,01 \text{ cm}^2$)

Mutu baut BJ.50 ($f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$)

Ulir tidak pada bidang geser ($r_1 = 0,5$)

- Kuat geser baut:

$$\varnothing.V_n = \varnothing \cdot r_1 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b$$

$$= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5000 \cdot 1 \cdot 2,01$$

$$= 3768,75 \text{ kg (menentukan)}$$

- Kuat tumpu baut

$$\varnothing.R_n = \varnothing \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u$$

$$= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1,6 \cdot 0,6 \cdot 4100$$

$$= 7084,80 \text{ kg}$$

$$n = \frac{V_u}{\varnothing.R_n} = \frac{9533,75}{3768,75} = 2,53 \approx 3 \text{ buah}$$

Dipasang 3 buah baut diameter 16 mm

- Sambungan Pada Badan Balok Induk:

$\varnothing_{\text{baut}} = 16\text{mm}$ ($A_b = 2,01 \text{ cm}^2$)

Mutu baut BJ.50 ($f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$)

Ulir tidak pada bidang geser ($r_1 = 0,5$)

- Kuat geser baut:

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi \cdot r_1 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5000 \cdot 1 \cdot 2,01 \\ &= 3768,75 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1,6 \cdot 0,6 \cdot 4100 \\ &= 7084,80 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \frac{V_u}{\phi R_n} = \frac{9533,75}{3768,75} = 2,53 \approx 3 \text{ buah}$$

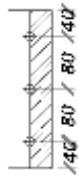
Dipasang 2 buah baut diameter 16 mm

- Kontrol kekuatan siku penyambung

Dipakai siku penyambung 60x60x6
BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

$$\begin{aligned}\phi \text{ lubang} &= 16 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 17,5 \text{ mm} = 1,75 \text{ cm}\end{aligned}$$

Luas bidang geser



Gambar 6.4 Detail Pelat Siku Pada Gelagar

Luas bidang geser

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_{siku} = (20 - 2 \times 1,75) \times 0,6 = 9,9 \text{ cm}^2$$

Kuat rencana

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot 0,6 \times f_u \times A_{nv} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 9,9 = 18265,5 \text{ kg}\end{aligned}$$

Terdapat 2 siku, sehingga

$$2\phi R_n = 2 \times 18265,5 = 36531 \text{ kg}$$

Syarat:

$$V_u \leq 2\phi R_n \rightarrow 9533,75 \text{ kg} < 36531 \text{ kg (OK)}$$

Kontrol jarak baut

Jarak ke tepi = 1,5 db s.d (4tp+100 mm) atau 200 mm
= 21 mm s.d. 200 cm → Terpasang = 40cm

Jarak antar baut = 3 db s.d 15 tp atau 200 mm
= 42mm s.d 200mm → Terpasang = 80mm

Untuk perhitungan balok yang lainnya dihitung dengan cara yang sama dan hasil yang didapatkan untuk sambungan balok anak lantai dan balok induk sama.

6.2.2 Sambungan Balok Anak Atap Dengan Balok Induk

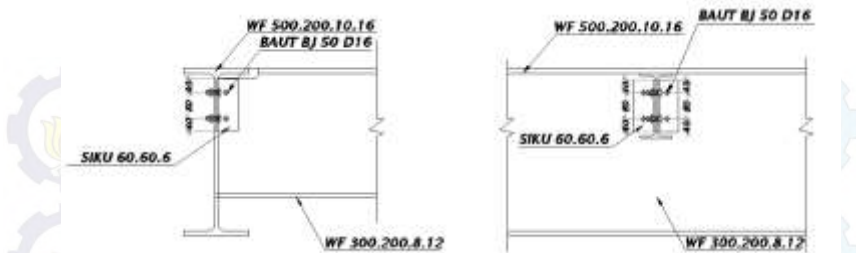
Sambungan antara balok anak lantai perkantoran dan balok induk direncanakan dengan baut yang hanya memikul beban geser dari balok anak, sehingga dalam analisa dianggap sebagai sendi.

Ada 3 jenis dimensi balok anak lantai dengan balok induk pada bangunan ini:

Tabel 6.4 Dimensi Balok Induk Atap dan Balok Anak Atap

No	Balok Induk Atap	Balok Anak
1	WF 500 x 200 x 10 x 16	WF 300 x 200 x 8 x 12
2	WF 450 x 300 x 10 x 15	WF 200 x 100 x 5,5 x 8
3	WF 500 x 200 x 10 x 16	WF 200 x 150 x 6 x 9
4	WF 500 x 200 x 10 x 16	WF 200 x 100 x 5,5 x 8

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok anak sebesar 5030,60 kg, dengan dimensi balok anak WF 300 x 200 x 8 x 12 dan balok induk WF 500 x 200 x 10 x 16. Pada sambungan ini direncanakan dengan profil siku 60 x 60 x 6.



Gambar 6.5 Sambungan Balok Anak Atap Dengan Balok Induk

- Sambungan Pada Badan Balok Anak:
 $\varnothing_{\text{baut}} = 16\text{mm}$ ($A_b = 2,01\text{ cm}^2$)
 Mutu baut BJ.50 ($f_u = 5000\text{ kg/cm}^2$)
 Ulir tidak pada bidang geser ($r_1 = 0,5$)

- Kuat geser baut:

$$\begin{aligned}\varnothing.V_n &= \varnothing.r_1.f_u.m.A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5000 \cdot 2 \cdot 2,01 \\ &= 3768,75\text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\varnothing.R_n &= \varnothing.2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1,6 \cdot 0,8 \cdot 4100 \\ &= 9446,4\text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \frac{V_u}{\varnothing.R_n} = \frac{5030,60}{3768,75} = 1,33 \approx 2\text{ buah}$$

Dipasang 2 buah baut diameter 16 mm

- Sambungan Pada Badan Balok Induk:
 $\varnothing_{\text{baut}} = 16\text{mm}$ ($A_b = 2,01\text{ cm}^2$)
 Mutu baut BJ.50 ($f_u = 5000\text{ kg/cm}^2$)
 Ulir tidak pada bidang geser ($r_1 = 0,5$)

- Kuat geser baut:

$$\begin{aligned}\varnothing.V_n &= \varnothing.r_1.f_u.m.A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5000 \cdot 1 \cdot 2,01 \\ &= 3768,75\text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1,6 \cdot 1,0 \cdot 4100 \\ &= 11808 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \frac{V_u}{\phi R_n} = \frac{5030,60}{3768,75} = 1,33 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang 2 buah baut diameter 16 mm

- Kontrol kekuatan siku penyambung
Dipakai siku penyambung 60 x 60 x 6
BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

$$\begin{aligned}\phi \text{ lubang} &= 16 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 17,5 \text{ mm} = 1,75 \text{ cm}\end{aligned}$$

Luas bidang geser



Gambar 6.6 Detail Pelat Siku Pada Gelagar

Luas bidang geser

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_{siku} = (16 - 2 \times 1,75) \times 0,6 = 7,50 \text{ cm}^2$$

Kuat rencana

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot 0,6 \times f_u \times A_{nv} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 5,0 = 9225 \text{ Kg}\end{aligned}$$

Terdapat 2 siku, sehingga

$$2\phi R_n = 2 \times 9225 = 18450 \text{ kg}$$

Syarat:

$$V_u \leq 2\phi R_n \rightarrow 5030,60 \text{ kg} < 18450 \text{ kg (OK)}$$

Kontrol jarak baut

Jarak ke tepi = 1,5 db s.d (4tp+100 mm) atau 200 mm
= 21 mm s.d. 200 mm → Terpasang = 40mm

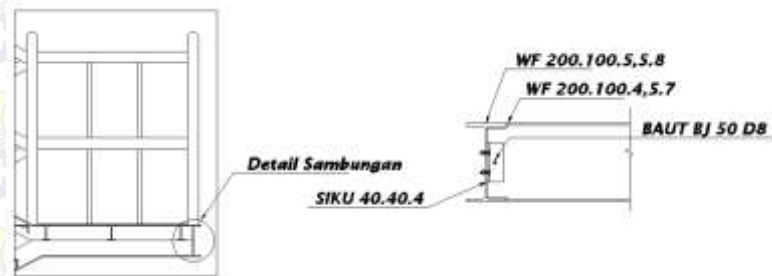
Jarak antar baut = 3 db s.d 15 tp atau 200 mm
= 42mm s.d 200mm → Terpasang = 80mm

Untuk perhitungan balok yang lainnya dihitung dengan cara yang sama dan hasil yang didapatkan untuk sambungan balok anak atap dan balok induk sama.

6.2.3 Sambungan Balok Utama Tangga Dengan Balok Penumpu Tangga

Sambungan antara balok utama tangga dan balok penumpu tangga direncanakan dengan baut yang hanya memikul beban geser dari balok anak, sehingga dalam analisa dianggap sebagai sendi.

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok anak sebesar 1618,75 kg, dengan dimensi balok utama tangga yaitu WF 200 x 100 x 4,5 x 7 dan balok penumpu tangga WF 200 x 100 x 5,5 x 8. Pada sambungan ini direncanakan dengan profil siku 40 x 40 x 4.



Gambar 6.7 Sambungan Balok Utama Tangga Dengan Balok Penumpu Tangga

- Sambungan balok utama tangga dengan siku:
 $\varnothing_{\text{baut}} = 8\text{mm}$ ($A_b = 0,50\text{ cm}^2$)
 Mutu baut BJ-50 ($f_u = 5000\text{ kg/cm}^2$)

Ulir tidak pada bidang geser ($r_1 = 0,5$)

- Kuat geser baut:

$$\begin{aligned}\emptyset.Vn &= \emptyset \cdot r_1 \cdot fu \cdot m \cdot Ab \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5000 \cdot 2 \cdot 0,50 \\ &= 1884,96 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Rn &= \emptyset \cdot 2,4 \cdot db \cdot tp \cdot fu \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 0,8 \cdot 0,4 \cdot 4100 \\ &= 2361,60 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \frac{Vu}{\emptyset.Rn} = \frac{1618,75}{1884,96} = 0,85 \approx 1 \text{ buah}$$

Dipasang 1 buah baut diameter 8 mm

- Sambungan balok penumpu tangga dengan siku:

$$\emptyset \text{ baut} = 8 \text{ mm } (Ab = 0,50 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut BJ-50 } (fu = 5000 \text{ kg/cm}^2)$$

Ulir tidak pada bidang geser ($r_1 = 0,5$)

- Kuat geser baut:

$$\begin{aligned}\emptyset.Vn &= \emptyset \cdot r_1 \cdot fu \cdot m \cdot Ab \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5000 \cdot 1 \cdot 0,50 \\ &= 942,48,96 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Rn &= \emptyset \cdot 2,4 \cdot db \cdot tp \cdot fu \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 0,8 \cdot 0,4 \cdot 4100 \\ &= 2361,60 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \frac{Vu}{\emptyset.Rn} = \frac{1618,75}{942,5} = 1,71 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang 2 buah baut diameter 8 mm

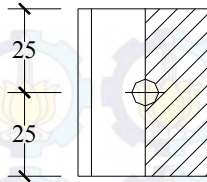
- Kontrol kekuatan siku penyambung

Dipakai siku penyambung 40x40x4

BJ41 ($fu = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

$$\begin{aligned}\emptyset \text{ lubang} &= 8 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 9,5 \text{ mm} = 0,95 \text{ cm}\end{aligned}$$

Luas bidang geser



Gambar 6.8Detail Pelat Siku Pada Gelagar

Luas bidang geser

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_{siku} = (5 - 1 \times 0,95) \times 0,4 = 1,62 \text{ cm}^2$$

Kuat rencana

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi 0,6 \times f_u \times A_{nv} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 1,62 = 2988,90 \text{ kg} \end{aligned}$$

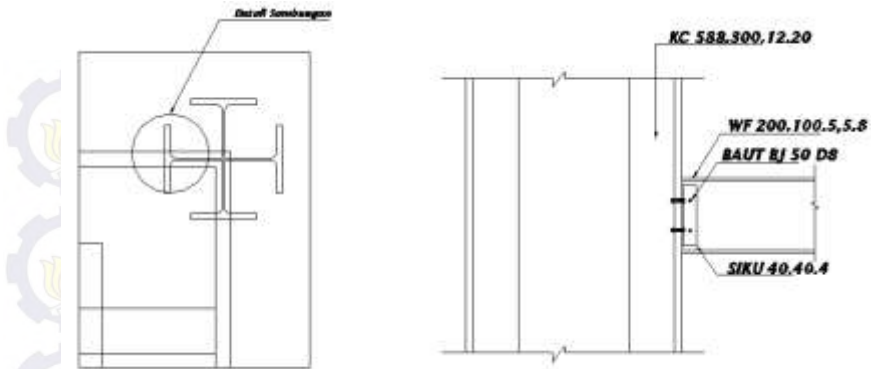
Syarat:

$$V_u \leq \phi R_n \rightarrow 1618,75 \text{ kg} < 2988,90 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

6.2.4 Sambungan Balok Penumpu Tangga Dengan Kolom

Sambungan antara balok penumpu tangga dan kolom direncanakan dengan baut yang hanya memikul beban geser dari balok anak, sehingga dalam analisa dianggap sebagai sendi.

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok anak sebesar 1618,75 kg, dengan dimensi balok penumpu tangga yaitu WF 200 x 100 x 5,5 x 8. Pada sambungan ini direncanakan dengan profil siku 40 x 40 x 4.



Gambar 6.9 Sambungan Balok Penumpu Tangga Dengan Kolom

- Sambungan balok utama tangga dengan siku:

$\text{Øbaut} = 8\text{mm}$ ($A_b = 0,50 \text{ cm}^2$)

Mutu baut BJ-50 ($f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$)

Ulir tidak pada bidang geser ($r_1 = 0,5$)

- Kuat geser baut:

$\text{Ø.Vn} = \text{Ø} \cdot r_1 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b$

$$= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5000 \cdot 2 \cdot 0,50$$

$$= 1884,96 \text{ kg (menentukan)}$$

- Kuat tumpu baut

$\text{Ø.Rn} = \text{Ø} \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u$

$$= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 0,8 \cdot 0,4 \cdot 4100$$

$$= 2361,60 \text{ kg}$$

$$n = \frac{V_u}{\text{Ø.Rn}} = \frac{1618,75}{1884,96} = 0,85 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang 2 buah baut diameter 8 mm

- Sambungan kolom tangga dengan siku:

$\text{Øbaut} = 8\text{mm}$ ($A_b = 0,50 \text{ cm}^2$)

Mutu baut BJ-50 ($f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$)

Ulir tidak pada bidang geser ($r_1 = 0,5$)

- Kuat geser baut:

$$\begin{aligned}\phi \cdot V_n &= \phi \cdot r_1 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5000 \cdot 1 \cdot 0,50 \\ &= 942,48,96 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\phi \cdot R_n &= \phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 0,8 \cdot 0,4 \cdot 4100 \\ &= 2361,60 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

$$n = \frac{V_u}{\phi \cdot R_n} = \frac{1618,75}{2361,60} = 0,68 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang 2 buah baut diameter 8 mm

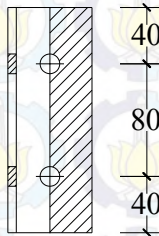
- Kontrol kekuatan siku penyambung

Dipakai siku penyambung 40x40x4

BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

$$\begin{aligned}\phi \text{ lubang} &= 8 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 9,5 \text{ mm} = 0,95 \text{ cm}\end{aligned}$$

Luas bidang geser



Gambar 6.10 Detail Pelat Siku Pada Gelagar Luas bidang geser

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_{siku} = (16 - 2 \times 0,95) \times 0,4 = 5,64 \text{ cm}^2$$

Kuat rencana

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi 0,6 \times f_u \times A_{nv} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 5,64 = 10405,8 \text{ kg}\end{aligned}$$

Syarat:

$$V_u \leq \phi R_n \rightarrow 1618,75 \text{ kg} < 10405,8 \text{ kg (OK)}$$

6.2.5 Sambungan Antar Kolom Lantai 1-6

Kolom: King Cross 800 x 450 x 16 x 38

BJ-41 : $f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$

$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Dari output SAP 2000 didapat :

$P_u = 647688,62 \text{ kg}$

$M_{ux} = 6551511,07$

Pembagian beban momen :

$$M_{u \text{ badan}} = \frac{I_{\text{badan}}}{I_{\text{profil}}} \times Mu$$

$$= \frac{1}{12} \times 1,6 \times 80^3$$

$$= \frac{1}{605199,3} \times 6551511,07 = 739012,46 \text{ kg.cm}$$

$$Mu \text{ sayap} = Mu - Mu \text{ badan}$$

$$= 6551511,07 - 739012,46$$

$$= 5812498,61 \text{ kgcm}$$

Pembagian beban aksial :

$$P_{u \text{ badan}} = \frac{A_{\text{badan}}}{A_{\text{profil}}} \times Pu$$

$$= \frac{1,6 \times 80}{913,12} \times 647688,62 = 90792,16 \text{ kg}$$

$$Pu \text{ sayap} = Pu - Pu \text{ badan}$$

$$= 647688,62 - 90792,16$$

$$= 556896,45 \text{ kg}$$

Karena ada 4 sayap, maka Pu 1 sayap :

$$\frac{556896,45}{4} = 139224,113 \text{ kg}$$

- Sambungan pada sayap kolom
 \varnothing baut = 24mm ($A_b = 4,52 \text{ cm}^2$)
 Mutu baut A325 ($f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$)
 Ulir tidak pada bidang geser ($r_1 = 0,5$)
 Tebal pelat penyambung = 16 mm

- Kuat geser baut:

$$\begin{aligned}\emptyset.Vn &= \emptyset .r_1.fu.m.Ab \\ &= 0,75 . 0,5 . 8250 . 2 . 4,52 \\ &= 27991,59 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Rn &= \emptyset . 2,4 . db . tp . fu \\ &= 0,75 . 2,4 . 2,4 . 3,8 . 4100 \\ &= 67305,6 \text{ kg}\end{aligned}$$

Gaya kopel pada sayap

$$T = \frac{M_{u \text{ sayap}}}{d} = \frac{5812498.61}{80} = 72656.23 \text{ kg}$$

Jumlah gaya total pada sayap :

$$\begin{aligned}Tu &= T + Pu \text{ sayap} = 72656,23 + 556896,45 \\ &= 629552,68 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan :

$$n = \frac{Tu}{\emptyset.Vn} = \frac{629552.68}{27991,59} = 22.49 \approx 24 \text{ buah}$$

- Sambungan pada badan kolom

$$\emptyset \text{ baut} = 24 \text{ mm } (Ab = 4,52 \text{ cm}^2)$$

Mutu baut A325 ($fu = 8250 \text{ kg/cm}^2$)

Ulir tidak pada bidang geser ($r_1 = 0,5$)

Tebal pelat buhul= 16 mm

- Kuat geser baut:

$$\begin{aligned}\emptyset.Vn &= \emptyset .r_1.fu.m.Ab \\ &= 0,75 . 0,5 . 8250 . 2 . 4,52 \\ &= 27991,59 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Rn &= \emptyset . 2,4 . db . tp . fu \\ &= 0,75 . 2,4 . 2,4 . 1,6 . 4100 \\ &= 28339,20 \text{ kg}\end{aligned}$$

Momen yang bekerja pada titik berat sambungan badan:

$$e = \frac{Mu_{badan}}{Pu} = \frac{739012,46}{647688,62} = 1,14 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} Mu_{total} &= Mu_{badan} + Pu \cdot e \\ &= 739012,46 + 90792,16 \cdot 1,14 \\ &= 842606,278 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

Beban aksial yang bekerja pada titik berat sambungan badan:

$$\begin{aligned} Pu_{total} &= Pu_{badan} \\ &= 90792,16 \text{ kg} \end{aligned}$$

Perkiraan jumlah baut:

$$n = \sqrt{\frac{6 \cdot Mu}{\mu \cdot Ru}}$$

Sambungan memikul beban Mu dan Pu sehingga Ru direduksi $\phi = 0,7$.

Susunan baut lebih dari satu deret nilai Ru dinaikan 1,2

$$R_u = 0,7 \times 1,2 \times 27991,59 = 23512,94 \text{ kg}$$

$$n = \sqrt{\frac{6 \times 739012,46}{10 \times 23512,94}} = 4,34 \approx 6 \text{ buah}$$

Dipasang 8 buah agar simetris

Kontrol beban

$$K_{uh1} = \frac{Pu}{n} = \frac{90792,16}{8} = 11349,02 \text{ kg}$$

Akibat Mu total

Beban max pada baut dengan $x = 4,0 \text{ cm}$ dan $y = 44 \text{ cm}$

$$\Sigma(X^2 + Y^2) = \left[6(4,0^2) + 4(4,0^2 + 12^2 + 20^2 + 28^2 + 36^2 + 44^2) \right] = 18400 \text{ cm}^2$$

$$K_{uv1} = \frac{M_{u total} \cdot X}{\Sigma(X^2 + Y^2)} = \frac{739012,46 \times 4,0}{18400} = 160,654 \text{ kg}$$

$$K_{uh2} = \frac{M_{u total} \cdot Y}{\Sigma(X^2 + Y^2)} = \frac{739012,46 \times 44}{18400} = 1767,20 \text{ kg}$$

$$K_{u total} = \sqrt{K_{uh1}^2 + (K_{uv1}^2 + K_{uh2}^2)}$$

$$= \sqrt{11349,02^2 + (160,654 + 1767,20)^2}$$

$$= 11511,597 \text{ kg}$$

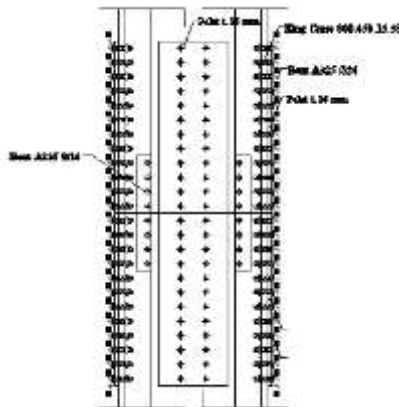
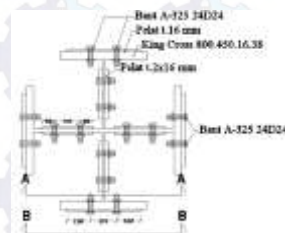
Karena pada badan kolom dipasang baut dan pelat penyambung pada empat sisinya, maka kuat beban berfaktor $27991,59 \text{ kg} \times 4 = 111966,4 \text{ kg}$

$$K_{u \text{ total}} \leq \phi R_n \rightarrow 11511,597 \text{ kg} < 111966,4 \text{ kg (OK)}$$

Kontrol jarak baut

Jarak ke tepi = 1.5 db s.d (4tp+100 mm) atau 200 mm
= 3,6 cm s.d. 16,4cm, Terpasang = 4 cm

Jarak antar baut = 3 db s.d 15 tp atau 200 mm
= 7,2 cm s.d.24 cm, Terpasang = 8 cm



Gambar 6.11 Sambungan Kolom Dengan Kolom

6.2.6 Sambungan Antar Kolom Lantai 7-12

Kolom: King Cross 588 x 300 x 12 x 20

BJ-41 : $f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$

$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Dari output SAP 2000 didapat :

$P_u = 283163.82 \text{ kg}$

$M_{ux} = 1,5 \cdot F_y \cdot Z_x = 1,5 \cdot 2500 \cdot 5228,208 = 19605780 \text{ kgcm}$

Pembagian beban momen :

$$M_{u \text{ badan}} = \frac{I_{\text{badan}}}{I_{\text{profil}}} \times Mu$$

$$= \frac{1}{12} \times 1,5 \times 58,8^3 \times 19605780 = 3399429,99 \text{ kg.cm}$$

$$\begin{aligned} Mu \text{ sayap} &= Mu - Mu \text{ badan} \\ &= 19605780 - 3399429,99 \\ &= 16206350,01 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

Pembagian beban aksial :

$$P_{u \text{ badan}} = \frac{A_{\text{badan}}}{A_{\text{profil}}} \times P_u$$

$$= \frac{1,2 \times 58,8}{385} \times 283163.82 = 51896,205 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} P_u \text{ sayap} &= P_u - P_u \text{ badan} \\ &= 283163.82 - 51896,205 \\ &= 231267,614 \text{ kg} \end{aligned}$$

Karena ada 4 sayap, maka P_u 1 sayap :

$$\frac{231267,614}{4} = 57816,903 \text{ kg}$$

- Sambungan pada sayap kolom
 \varnothing baut = 24mm ($A_b = 4,52 \text{ cm}^2$)
 Mutu baut A325 ($f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$)
 Uilir tidak pada bidang geser ($r_1 = 0,5$)
 Tebal pelat penyambung = 16 mm

- Kuat geser baut:

$$\begin{aligned}\emptyset.Vn &= \emptyset .r_1.fu.m.Ab \\ &= 0,75 . 0,5 . 8250 . 2 . 4,52 \\ &= 27991,59 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Rn &= \emptyset . 2,4 . db . tp . fu \\ &= 0,75 . 2,4 . 2,4 . 2,0 . 4100 \\ &= 35424 \text{ kg}\end{aligned}$$

Gaya kopel pada sayap

$$T = \frac{M_{u \text{ sayap}}}{d} = \frac{16206350,01}{58,8} = 275618,19 \text{ kg}$$

Jumlah gaya total pada sayap :

$$\begin{aligned}Tu &= T + Pu \text{ sayap} = 275618,19 + 231267,614 \\ &= 506885,811 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan :

$$n = \frac{Tu}{\emptyset.Rn} = \frac{506885,811}{27991,59} = 18,10 \approx 20 \text{ buah}$$

Dipasang 20 buah agar simetris

- Sambungan pada badan kolom

$$\emptyset \text{ baut} = 24 \text{ mm } (Ab = 4,52 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325 } (fu = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser } (r_1 = 0,5)$$

$$\text{Tebal pelat buhul} = 16 \text{ mm}$$

- Kuat geser baut:

$$\begin{aligned}\emptyset.Vn &= \emptyset .r_1.fu.m.Ab \\ &= 0,75 . 0,5 . 8250 . 2 . 4,52 \\ &= 27991,59 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Rn &= \emptyset . 2,4 . db . tp . fu \\ &= 0,75 . 2,4 . 2,4 . 1,2 . 4100 \\ &= 21254,4 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

Momen yang bekerja pada titik berat sambungan badan:

$$e = \frac{Mu_{badan}}{Pu} = \frac{3399429,99}{283163.82} = 12 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} Mu_{total} &= Mu_{badan} + Pu \cdot e \\ &= 3399429,99 + 51896,205 \cdot 12 \\ &= 4022184,45 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

Beban aksial yang bekerja pada titik berat sambungan badan:

$$\begin{aligned} Pu_{total} &= Pu_{badan} \\ &= 54896,205 \text{ kg} \end{aligned}$$

Perkiraan jumlah baut:

$$n = \sqrt{\frac{6 \cdot Mu_u}{\mu \cdot Ru}}$$

Sambungan memikul beban Mu dan Pu sehingga Ru direduksi $\phi = 0,7$.

Susunan baut lebih dari satu deret nilai Ru dinaikan 1,2

$$Ru_u = 0,7 \times 1,2 \times 21254,4 = 17853,696 \text{ kg}$$

$$n = \sqrt{\frac{6 \times 4022184,45}{10 \times 17853,696}} = 11,62 \approx 12 \text{ buah}$$

Dipasang 12 buah

Kontrol beban

$$K_{uh1} = \frac{Pu}{n} = \frac{51896,205}{12} = 4324,683 \text{ kg}$$

Beban max pada baut dengan $x = 4,0 \text{ cm}$ dan $y = 28 \text{ cm}$

$$\Sigma(X^2 + Y^2) = \left[6(4,0^2) + 4(4,0^2 + 12^2 + 20^2 + 28^2) \right] = 5472 \text{ cm}^2$$

$$K_{uv1} = \frac{Mu_{total} \cdot X}{\Sigma(X^2 + Y^2)} = \frac{739012,46 \times 4,0}{5472} = 540,21 \text{ kg}$$

$$K_{uh2} = \frac{Mu_{total} \cdot Y}{\Sigma(X^2 + Y^2)} = \frac{739012,46 \times 28}{5472} = 3781,49 \text{ kg}$$

$$K_{u_{total}} = \sqrt{K_{uh1}^2 + (K_{uv1}^2 + K_{uh2}^2)}$$

$$= \sqrt{4324,683^2 + (540,21 + 3781,49)^2}$$

$$= 6113,916 \text{ kg}$$

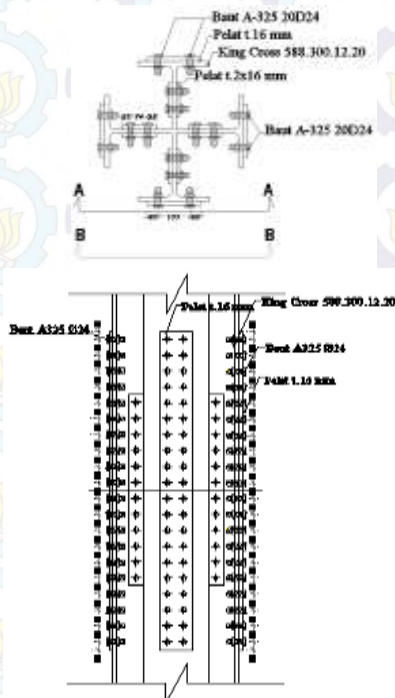
Karena pada badan kolom dipasang baut dan pelat penyambung pada empat sisinya, maka kuat beban berfaktor $17853,696 \text{ kg} \times 4 = 71414,784 \text{ kg}$

$$K_{u \text{ total}} \leq \phi R_n \rightarrow 6113,916 \text{ kg} < 71414,784 \text{ kg} (OK)$$

Kontrol jarak baut

Jarak ke tepi = 1.5 db s.d (4tp+100 mm) atau 200 mm
= 3,6 cm s.d. 16,4cm, Terpasang = 4 cm

Jarak antar baut = 3 db s.d 15 tp atau 200 mm
= 7,2 cm s.d.24 cm, Terpasang = 8 cm

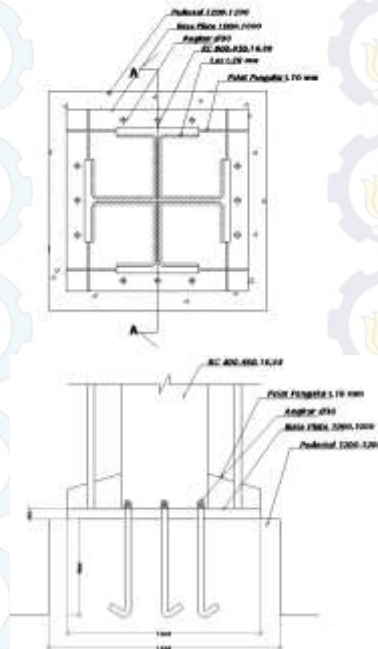


Gambar 6.12 Sambungan Kolom Dengan Kolom

6.2.7 Sambungan Kolom Dengan Base Plate

Perencanaan *base plate* dibawah ini menggunakan *fixed plate* dari katalog PT. Gunung Garuda untuk profil K800 x 450 x 16 x 38 dengan data – data sebagai berikut :

- Part No = BMK-17
- H = 1000mm
- B = 1000mm
- $t_p = 55$
- $q = 431,75 \text{ kg}$



Gambar 6.13 Sambungan Kolom Dengan Base Plate

Dari hasil perhitungan analisa SAP2000 diperoleh gaya-gaya yang bekerja adalah sebagai berikut:

$$P_u = 274943,28 \text{ kg}$$

$$M_u = 2829653,17 \text{ kg.cm}$$

$$V_u = 1727,58 \text{ kg}$$

- Sambungan Las pada End Plate

Direncanakan las dengan $t_e = 1 \text{ cm}$ pada daerah yang diarsir pada profil KC 800 x 450 x 16 x 38 sehingga didapat :

$$A_{las} = \{(2.72,4) + (2.70,8) + (4.45)\} \cdot 1 = 466,4 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \left[2 \left(\frac{1}{12} \cdot 1.72,4^3 + \frac{1}{12} \cdot 45.1^3 + 45.1 \cdot 40,8^2 \right) \right] + \left[2 \left(\frac{1}{12} \cdot 70,8.1^3 + \frac{1}{12} \cdot 1.45^3 \right) \right]$$

$$= 213424,97 \text{ cm}^4$$

$$I_x = I_y = 391736,75 \text{ cm}^4$$

$$W_x = W_y = \frac{I_x}{y} = \frac{213424,97}{40} = 5335,624 \text{ cm}^3$$

$$f_{u_{las}} = \phi \cdot 0,6 \cdot F_{E70xx}$$

$$= 0,75 \cdot 0,6 \cdot 70,70,3.1 = 2214,45 \text{ Kg/cm}^2$$

Akibat P_u :

$$f_p = \frac{P_u}{A} + \frac{M_x}{W_x} = \frac{647688,62}{466,4} + \frac{6551511,07}{5335,624} = 2616,647 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat V_u :

$$f_v = \frac{V_u}{A} + \frac{M_x}{W_y} = \frac{19313,08}{466,4} + \frac{6551511,07}{5335,624} = 1269,358 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{f_p^2 + f_v^2} = \sqrt{2616,647^2 + 1269,358^2} = 2908,28 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = \frac{f_{total}}{f_{u_{las}}} = \frac{2908,28}{2214,45} = 1,31 \text{ cm}$$

$$a = \frac{te}{0,707} = \frac{1,31}{0,707} = 1,85 \text{ cm} > (a \text{ min} = 6 \text{ mm})$$

Syarat- syarat tebal kaki las

Tebal minimum = $t_{\text{plat}} = 55 \text{ mm}$

$$a_{\text{eff max}} = 1,41 \cdot \frac{fu}{f_{E70xx}} \cdot tp = 1,41 \cdot \frac{4100}{70 \cdot 70,3} \cdot 5,5 = 2,56 \text{ cm}$$

Sehingga dipakai las dengan $a = 2 \text{ cm}$

Perhitungan Base Plate

Periksa eksentrisitas gaya:

$$e = \frac{Mux}{Pu} = \frac{6551511,07}{647688,62} = 10,11 \text{ cm}$$

$$1/6 h = 1/6 \cdot 100 = 16,67 \text{ cm} > e$$

Karena $1/6 h > e$, maka tidak terjadi gaya tarik, sehingga tidak perlu memasang gaya angkur (dipasang angkur praktis)

Direncanakan diameter baut : $30 \text{ mm} = 3 \text{ cm}$

$$h' \geq we + c1$$

$$we = \text{jarak baut ke tepi} = 2 \cdot db = 2 \cdot 3 = 6 \text{ cm}$$

$$c1 = \text{jarak minimum untuk kunci} = 27/16 \cdot db = 5,06 \text{ cm}$$

$$h' \geq 6 + 5,06 = 11,06 \text{ cm}$$

$$h \geq H - 0,5 \cdot h' = 100 - 0,5 \cdot 11,06 = 94,47 \text{ cm}$$

$$B = 100 \text{ cm}$$

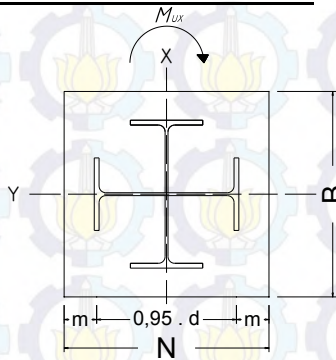
Dimensi beton :

Panjang : 1200 mm

Lebar : 1200 mm

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{120 \cdot 120}{100 \cdot 100}} = 1,2$$

Perencanaan akibat beban sumbu X



Gambar 6.14Arah Beban Sumbu X Pada Base Plate

- Akibat beban Pu

$$f_{pa} = \frac{Pu}{B.N} = \frac{647688,62}{100.100} = 64,76 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

- Akibat beban Mu

$$f_{pb} = \frac{6 . Mu}{B.N^2} = \frac{6 . 6551511,07}{100.100^2} = 39,3 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

- Tekanan maksimal

$$f_{p \text{ max}} = f_{pa} + f_{pb} = 64,76 + 39,3 = 104,06 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

- Tekanan yang dapat diterima kolom

$$f_{p \text{ avail}} = \phi . 0,85 . f'_c = 0,9 . 0,85 . 30 = 22,95 \text{ Mpa}$$

$$f_{p \text{ avail}} = 229,5 \text{ kg} / \text{cm}^2 > f_{p \text{ maks}} 104,06 \text{ Mpa (OK)}$$

- Menentukan M_{upl} pada sejarak m setiap lebar 1 cm pelat

$$m = \frac{N - 0,95 . d}{2} = \frac{100 - 0,95 . 80}{2} = 12 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 M_{upl} &= \left(f_{p_{max}} - 2 \cdot f_{pb} \cdot \frac{m}{N} \right) \cdot \left(\frac{m^2}{2} \right) + \left(2 \cdot f_{pb} - \frac{m}{N} \right) \cdot \left(\frac{m^2}{3} \right) \\
 &= \left(66,40 - 2 \cdot 10,65 \cdot \frac{12}{100} \right) \cdot \left(\frac{12^2}{2} \right) + \left(2 \cdot 10,65 - \frac{12}{100} \right) \cdot \left(\frac{12^2}{3} \right) \\
 &= 5613,41 \text{ kg.cm/cm}
 \end{aligned}$$

- Menentukan tebal base plate
 $F_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$

$$t = \sqrt{\frac{4 \cdot M_{upl}}{0,9 \cdot f_y}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5613,41}{0,9 \cdot 2500}} = 3,16 \text{ cm} < 5,5 \text{ cm (OK)}$$

Perencanaan pelat pengaku

- Pelat pengaku direncanakan seperti dengan balok yang menerima beban momen dari pelat landas.
- Dimensi pelat minimum menurut SNI-03-1729-2002 Pasal 8.11

Lebar pelat pengaku minimum (bs)

$$b_s \geq \frac{b}{3} - \frac{tw}{2} = \frac{30}{3} - \frac{1,4}{2} = 9,3 \text{ cm}$$

Tebal pelat pengaku minimum (ts)

$$t_s \geq 0,5 \cdot t_f \rightarrow 0,5 \times 2,6 = 1,3 \text{ cm}$$

$$t_s \geq 1,79 \cdot b_s \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 1,79 \cdot 9,3 \cdot \sqrt{\frac{2500}{2 \cdot 10^6}} = 0,59 \text{ cm}$$

Digunakan lebar pelat pengaku (bs) = 20 cm dengan tebal pelat pengaku (ts) = 1,3 cm

Perencanaan baut angkur

- Gaya tarik yang terjadi pada angkur

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{f_{p_{max}} \cdot A \cdot B}{2} - P_u = \frac{104,06 \cdot 100 \cdot 100}{2} - 647688,62 \\
 &= 127388,62 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

“Karena $1/6 h > e$, maka dipasang angkur praktis”

Perhitungan Baut Angkur:

Dipakai baut angkur Ø30 mm dengan $f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned}\phi V_n &= 0,75 \cdot r_l \cdot f_{ub} \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 8250 \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 3^2\right) \\ &= 21868,43 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 2,4 \cdot \phi \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 2,4 \cdot 0,75 \cdot 3 \cdot 5,5 \cdot 4100 \\ &= 121770 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Kuat rencana tarik

$$\begin{aligned}\phi R_n &= T_d = \phi \cdot 0,75 \cdot f_{ub} \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,75 \cdot 8250 \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 3^2\right) \\ &= 32802,65 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Jumlah baut angkur yang dibutuhkan (diambil jumlah yang terbesar antara gaya geser dan gaya tarik yang terjadi)

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{19313,08}{21868,43} = 0,88$$

Terhadap gaya tarik

$$n = \frac{T}{\phi V_n} = \frac{127388,62}{21868,43} = 5,8 \approx 6 \text{ buah}$$

Untuk Pelat landas dipakai 8 baut agar simetris

- Panjang Baut Angkur

$$\frac{\lambda d}{db} = \frac{9 f_y}{10 \cdot \sqrt{f'c}} \times \frac{\alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \lambda}{\left(\frac{c + ktr}{db}\right)} = \frac{9 \times 250}{10 \cdot \sqrt{30}} \times \frac{1 \times 1,2 \times 1 \times 1}{3,0}$$

$$\lambda d = 16,43 \cdot db \rightarrow 16,43 \cdot 3,0 \text{ cm} = 49,30 \text{ cm} \approx 50 \text{ cm}$$

Maka panjang angkur yang dibutuhkan 50 cm.

6.2.8 Sambungan Balok Induk Lantai Hotel Dengan Kolom

Sambungan balok induk dengan kolom direncanakan dengan sambungan kaku (*rigid connection*) dimana sambungan memikul beban geser P_u dan momen M_u .

Dari output SAP 2000 didapat:

$$V_u = 24168,510 \text{ kg}$$

$$M_u = 46273,330 \text{ kgm} = 4627333 \text{ kg cm}$$

Perencanaan kekuatan sambungan baut:

- Kuat geser baut

Pada bidang geser baut tidak ada ulir ($r_1 = 0,5$)

Mutu profil BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

Baut tipe tumpu baut 30 mm ($A_g = 7,07 \text{ cm}^2$)

Mutu baut A325 ($f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$)

$$\phi \cdot V_n = \phi \cdot r_1 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b$$

$$= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 8250 \cdot 1 \cdot 7,07$$

$$= 21868,43 \text{ kg (menentukan)}$$

Kuat tumpu baut

$$\phi \cdot R_n = \phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u$$

$$= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 3,0 \cdot 1,8 \cdot 4100$$

$$= 28782 \text{ kg}$$

Kuat tarik baut:

$$T_d = \phi \cdot 0,75 \cdot f_u \cdot A_b$$

$$= 0,75 \cdot 0,75 \cdot 8250 \cdot 7,07$$

$$= 32802,65 \text{ kg}$$

- Kontrol geser

$$V_u = \frac{P_u}{n} = \frac{24168,510}{8} = 3021,063 \text{ kg} < 21868,43 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol tarik

$$f_{uv} = \frac{V_u}{A} = \frac{3021,063}{7,07} = 427,307 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_t = (1,3 \times f_u^b - 1,5 \times f_{uv}) = (1,3 \times 8250 - 1,5 \times 427,307) = 10084,04$$

$$= 10084,04 > 8250 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow (\text{OK})$$

- Perencanaan kekuatan sambungan las
Direncanakan las dengan $t_e = 1 \text{ cm}$

$$A_1 = A_2 = t_e \cdot (2 \cdot d_1) + (2 \cdot d_2) \\ = 1 \cdot \left\{ \left(2(50 - (2 \cdot 1,5)) \right) + (2(30 - 1,1)) \right\} = 160 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \left[4 \left(\frac{1}{12} \cdot \frac{30-1,1}{2} \cdot 1^3 + \frac{30-1,1}{2} \cdot 1 \cdot \left(\frac{50-(2 \cdot 1,5)}{2} \right)^2 \right) \right] + \\ \left[4 \left(\frac{1}{12} \cdot 1 \cdot (50 - 2 \cdot 1,5)^3 \right) \right] \\ = 66532,53 \text{ cm}^4$$

$$S_x = \frac{I_x}{Y_{max}} = \frac{66532,53}{25} = 2661,301 \text{ cm}^3$$

Akibat geser beban sentris

$$f_v = \frac{Pu}{A} = \frac{24168,510}{160} = 151,053 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat beban momen lentur

$$f_h = \frac{Mu}{S_x} = \frac{4627333}{2661,301} = 1738,74 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{f_v^2 + f_h^2} = \sqrt{151,053^2 + 1738,74^2} = 1745,23 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{u_{las}} = \phi \cdot 0,6 \cdot F_{E70xx} \\ = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 70 \cdot 70 \cdot 3,1 \\ = 2214,45 \text{ Kg/cm}^2 > f_{total} = 1745,23 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = \frac{f_{total}}{f_{u_{las}}} = \frac{1745,23}{2214,45} = 0,78 \text{ cm}$$

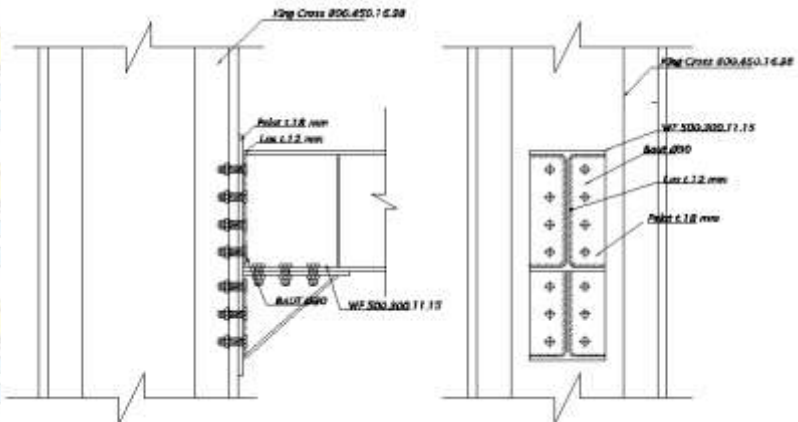
$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,78}{0,707} = 1,14 \text{ cm} > (a \text{ min} = 6 \text{ mm})$$

Dipakai las sudut dengan ketebalan 1,2 cm

- Kontrol kehandalan sambungan

$$T_{u_{\max}} = \frac{M_u \times Y_{\max}}{\Sigma Y^2} = \frac{4627333 \times 55}{2 \times (11^2 + 22^2 + 33^2 + 44^2 + 55^2)} = 22862,317 \text{ kg}$$

$$T_{u_{\max}} = 22862,317 \text{ kg} < T_d = 32802,65 \text{ kg (OK)}$$



Gambar 6.15 Sambungan Balok Induk Lantai dan Kolom

6.2.9 Sambungan Balok Induk Atap Dengan Kolom

Sambungan balok induk dengan kolom direncanakan dengan sambungan kaku (*rigid connection*) dimana sambungan memikul beban geser P_u dan momen M_u .

Dari output SAP 2000 didapat:

$$V_u = 10527,48 \text{ kg}$$

$$M_u = 17032,88 \text{ kgm} = 1703288 \text{ kg cm}$$

Perencanaan kekuatan sambungan baut:

- Kuat geser baut
Pada bidang geser baut tidak ada ulir ($r_1 = 0,5$)
Tebal peat penyambung 18 mm
Mutu profil BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)
Baut tipe tumpu baut 30 mm ($A_g = 7,07 \text{ cm}^2$)

Mutu baut A325 ($f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$)

$$\begin{aligned}\phi \cdot V_n &= \phi \cdot r_1 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 8250 \cdot 1 \cdot 7,07 \\ &= 21868,43 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\phi \cdot R_n &= \phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 3,0 \cdot 1,8 \cdot 4100 \\ &= 28782 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tarik baut:

$$\begin{aligned}T_d &= \phi \cdot 0,75 \cdot f_u \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,75 \cdot 8250 \cdot 7,07 \\ &= 32802,65 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Kontrol geser

$$V_u = \frac{P_u}{n} = \frac{10527,48}{8} = 1315,93 \text{ kg} < 21868,43 \text{ kg (OK)}$$

- Kontrol tarik

$$f_{uv} = \frac{V_u}{A} = \frac{1315,93}{7,07} = 186,13 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}f_t &= (1,3 \times f_u^b - 1,5 \times f_{uv}) = (1,3 \times 8250 - 1,5 \times 186,13) \\ &= 10445,805 > 8250 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow (\text{OK})\end{aligned}$$

- Perencanaan kekuatan sambungan las
Direncanakan las dengan $t_e = 1 \text{ cm}$

$$\begin{aligned}A_1 &= A_2 = t_e \cdot (2 \cdot d_1) + (2 \cdot d_2) \\ &= 1 \cdot \left\{ (2(50 - (2 \cdot 1,6))) + (2(20 - 1,0)) \right\} = 131,6 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}I_x &= \left[4 \left(\frac{1}{12} \cdot \frac{20 - 1,0}{2} \cdot 1^3 + \frac{20 - 1,0}{2} \cdot 1 \cdot \left(\frac{50 - (2 \cdot 1,6)}{2} \right)^2 \right) \right] + \\ &\quad \left[4 \left(\frac{1}{12} \cdot 1 \cdot (50 - 1,6)^3 \right) \right] \\ &= 58603,75 \text{ cm}^4\end{aligned}$$

$$S_x = \frac{I_x}{Y_{max}} = \frac{58603,75}{25} = 2344,15 \text{ cm}^3$$

Akibat geser beban sentris

$$f_v = \frac{Pu}{A} = \frac{10527,48}{131} = 79,99 \text{ kg / cm}^2$$

Akibat beban momen lentur

$$f_h = \frac{Mu}{S_x} = \frac{1703288}{2344,15} = 726,61 \text{ kg / cm}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{f_v^2 + f_h^2} = \sqrt{79,99^2 + 726,61^2} = 730,1 \text{ kg / cm}^2$$

$$\begin{aligned} f_{u_{las}} &= \phi \cdot 0,6 \cdot F_{E70xx} \\ &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot 70 \cdot 70,3 \cdot 1 \\ &= 2214,45 \text{ Kg/cm}^2 > f_{total} = 730,1 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$te = \frac{f_{total}}{f_{u_{las}}} = \frac{730,1}{2214,45} = 0,33 \text{ cm}$$

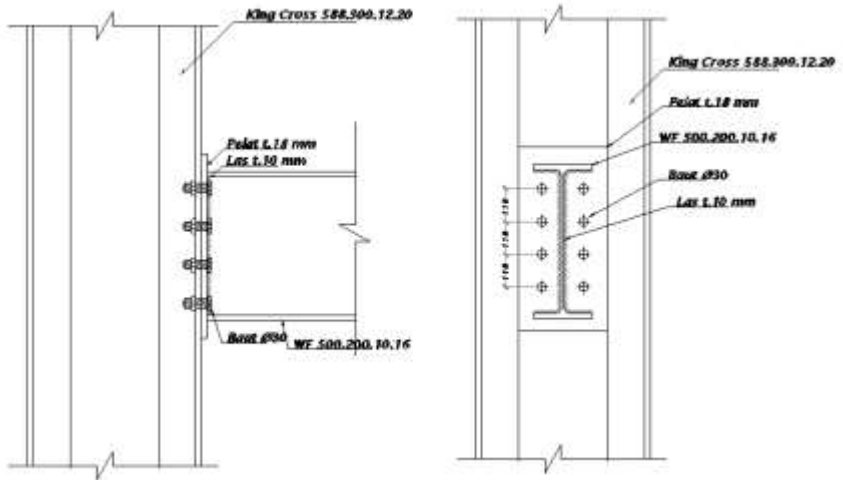
$$a = \frac{te}{0,707} = \frac{0,75}{0,707} = 1,466 \text{ cm} > (a \text{ min} = 6 \text{ mm})$$

Dipakai las sudut dengan ketebalan 1,0 cm

- Kontrol kehandalan sambungan

$$Tu_{max} = \frac{Mu \times Y_{max}}{\Sigma Y^2} = \frac{1703288 \times 33}{2 \times (11^2 + 22^2 + 33^2)} = 16590,467 \text{ kg}$$

$$Tu_{max} = 16590,467 \text{ kg} < Td = 32802,65 \text{ kg (OK)}$$



Gambar 6.16 Sambungan Balok Induk Atap dan Kolom

6.2.10 Sambungan *Steel Slit Damper*

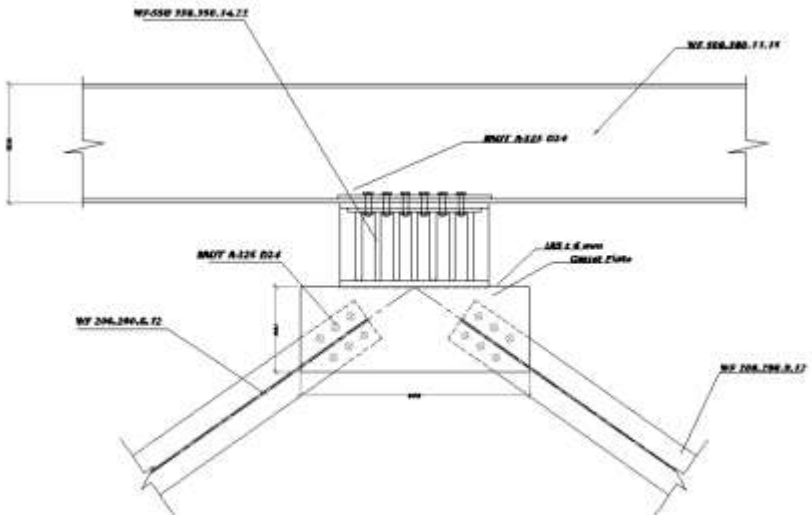
Sesuai peraturan SNI 03 – 1729 – 2002 butir 15.13.6.4 mengenai kuat perlu sambungan batang bresing ke balok, harus ditentukan lebih besar atau sama dengan kuat nominal batang bresing yaitu $1,25 \cdot R_y \cdot V_n$.

Untuk kuat geser nominal (V_n), diambil yang terkecil dari V_p atau $2M_p/e$.

$$\begin{aligned} V_p &= 0,6 \cdot f_y \cdot (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w \\ &= 0,6 \cdot 2500 \cdot (48,2 - 2 \cdot 1,5) \cdot 1,1 \\ &= 74580 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

$$\frac{2M_p}{e} = \frac{2 \times Z_x \cdot F_y}{e} = \frac{2 \times 2663 \times 2500}{35} = 380428,571 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} V_u &= 1,25 \cdot R_y \cdot V_n \\ &= 1,25 \cdot 1,5 \cdot 74580 \\ &= 139837,5 \text{ kg} \end{aligned}$$



Gambar 6.17 Sambungan Steel Slit Damper

Sambungan pada batang bresing

Kuat geser baut

Pada bidang geser baut tidak ada ulir ($r_1 = 0,5$)

Mutu profil BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

Baut tipe tumpu baut 24 mm ($A_g = 4,52 \text{ cm}^2$)

Mutu baut A325 ($f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$)

Tebal plat buhul = 22 mm

$\Phi \cdot V_n = \Phi \cdot (r_1 f_{ub}) \cdot m \cdot A_b$

$$= 0,75 \cdot (0,5 \cdot 8250) \cdot 2 \cdot 4,52$$

$$= 27967,5 \text{ kg (menentukan)}$$

Kuat tumpu baut

$\Phi \cdot R_n = \Phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u$

$$= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 2,4 \cdot 2,2 \cdot 4100$$

$$= 38966,4 \text{ kg (menentukan)}$$

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{139837,5}{27967,5} = 5 \text{ buah}$$

Dipasang 6 buah agar simetris

Kontrol jarak baut

Jarak ke tepi = 1,5 db s.d (4tp+100 mm) atau 200 mm
 = 3,6 cm s.d. 15,2 cm → Terpasang = 7,9 cm

Jarak antar baut = 3 db s.d 15 tp atau 200 mm
 = 7,2cm s.d 19,5 cm → Terpasang = 12,8cm

Sambungan las sudut pada plat buhul

- Bahan las sudut yang digunakan adalah E_{70xx}

Tebal efektif las sudut rencana $t_e = 1$ cm

Kuat nominal las sudut

$$\begin{aligned}\phi \cdot R_{nw} &= 0,75 \cdot t_e \cdot (0,6 \cdot f_{uw}) \\ &= 0,75 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 70 \cdot 70,3 \\ &= 2214,45 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Luas las sudut

$$\begin{aligned}A_{las} &= 2 \cdot (\text{Panjang damper}) \\ &= 2 \cdot (630) = 1260 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Tegangan yang terjadi pada las sudut

$$L = 1260 \text{ cm}$$

$$h = 300 \text{ cm}$$

$$b = 350 \text{ cm}$$

$$\cos \phi = 3,5/12,6 = 0,278$$

$$\sin \phi = 3/12,6 = 0,238$$

$$0,278 \cdot V_u = 0,278 \times 139837,5 = 38874,825 \text{ kg}$$

$$0,238 \cdot V_u = 0,238 \times 139837,5 = 33281,325 \text{ kg}$$

$$f_h = \frac{38874,825}{1260} = 30,853 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_v = \frac{33281,325}{1260} = 26,41 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{(\sum f_v)^2 + (\sum f_h)^2} = \sqrt{(30,853)^2 + (26,41)^2} = 40,61 \text{ kg/cm}^2$$

Tebal efektif las sudut

$$t_e = \frac{f_{total}}{\phi \cdot R_{nw}} = \frac{40,61}{2214,45} = 0,0183 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,0183}{0,707} = 0,025 \text{ cm} < a \text{ min (6mm)}$$

Dipakai ketebalan las sudut sebesar 0,6 cm

Pada struktur hotel Fave Ketintang Surabaya ini terdapat 2 macam bresing dengan ukuran WF 200 x 200 x 8 x 12 dan WF 200 x 150 x 6 x 9. Dengan perhitungan yang sama, didapat jumlah baut dan tebal las yang sama.

6.2.11 Sambungan Batang Bresing WF 200x200x8x12

6.2.11.1 Bresing WF 200x200x8x12 Dengan Kolom WF 800x450x16x38

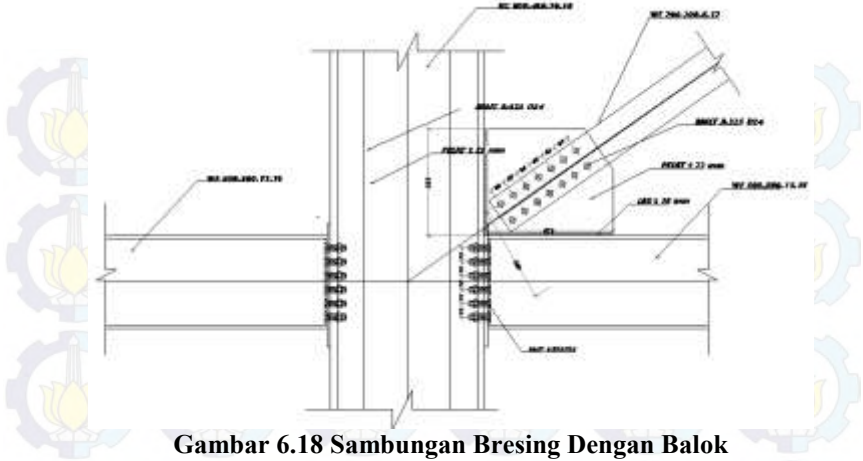
Sesuai peraturan SNI 03 – 1729 – 2002 butir 15.13.6.4 mengenai kuat perlu sambungan batang bresing ke balok, harus ditentukan lebih besar atau sama dengan kuat nominal batang bresing yaitu 1,25. Ry.Vn.

Untuk kuat geser nominal (V_n), diambil yang terkecil dari V_p atau $2M_p/e$.

$$\begin{aligned} V_p &= 0,6 \cdot f_y \cdot (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w \\ &= 0,6 \cdot 2500 \cdot (80 - 2 \cdot 3,8) \cdot 1,6 \\ &= 173760 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

$$\frac{2M_p}{e} = \frac{2 \times Z_x \cdot F_y}{e} = \frac{2 \times 19019,716 \times 2500}{35} = 2717102,286 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} V_u &= 1,25 \cdot R_y \cdot V_n \\ &= 1,25 \cdot 1,5 \cdot 173760 \\ &= 325800 \text{ kg} \end{aligned}$$



Gambar 6.18 Sambungan Bresing Dengan Balok

Sambungan pada batang bresing

Kuat geser baut

Pada bidang geser baut tidak ada ulir ($r_1 = 0,5$)

Mutu profil BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

Baut tipe tumpu baut 24 mm ($A_g = 4,52 \text{ cm}^2$)

Mutu baut A325 ($f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$)

Tebal plat buhul = 22 mm

$$\begin{aligned}\Phi.Vn &= \Phi. (r_1 f_{ub}) . m . Ab \\ &= 0,75 . (0,5 . 8250) . 2 . 4,52 \\ &= 27967,5 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\Phi.Rn &= \Phi \cdot 2,4 \cdot db \cdot tp \cdot fu \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 2,4 \cdot 1,4 \cdot 4100 \\ &= 24796,8 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

$$n = \frac{Vu}{\phi V_n} = \frac{325800}{24796,8} = 13,1 \approx 14 \text{ buah}$$

Dipasang 7 buah 2 baris.

Kontrol jarak baut

Jarak ke tepi = 1,5 db s.d (4tp+100 mm) atau 200 mm
= 3,6 cm s.d. 15,2 cm → Terpasang = 4 cm

Jarak antar baut = 3 db s.d 15 tp atau 200 mm
 = 7,2 cm s.d 19,5 cm → Terpasang = 8cm

Sambungan las sudut pada plat buhul

- Bahan las sudut yang digunakan adalah E_{70xx}

Tebal efektif las sudut rencana $t_e = 1$ cm

Kuat nominal las sudut

$$\begin{aligned}\phi \cdot R_{nw} &= 0,75 \cdot t_e \cdot (0,6 \cdot f_{uw}) \\ &= 0,75 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 70 \cdot 70,3 \\ &= 2214,45 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Luas las sudut

$$\begin{aligned}A_{las} &= 2 \cdot (d+b) \\ &= 2 \cdot (55,5+67) = 245 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Tegangan yang terjadi pada las sudut

$$L = 245 \text{ cm}$$

$$h = 300 \text{ cm}$$

$$b = 350 \text{ cm}$$

$$\cos \phi = 3,5/2,45 = 1,43$$

$$\sin \phi = 3/2,45 = 1,22$$

$$1,43 \cdot V_u = 1,43 \times 325800 = 465894 \text{ kg}$$

$$1,22 \cdot V_u = 1,22 \times 325800 = 397476 \text{ kg}$$

$$f_h = \frac{465894}{245} = 1901,60 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_v = \frac{397476}{245} = 1622,35 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{(\sum f_v)^2 + (\sum f_h)^2} = \sqrt{(1901,60)^2 + (1622,35)^2} = 2499,62 \text{ kg/cm}^2$$

Tebal efektif las sudut

$$t_e = \frac{f_{total}}{\phi \cdot R_{nw}} = \frac{2499,62}{2214,45} = 1,128 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,25}{0,707} = 1,59 \text{ cm} > a \text{ min (6mm)}$$

Dipakai ketebalan las sudut sebesar 1,6 cm

6.2.11.2 Bresing WF 200x150x6x9 Dengan Kolom WF 588x300x12x20

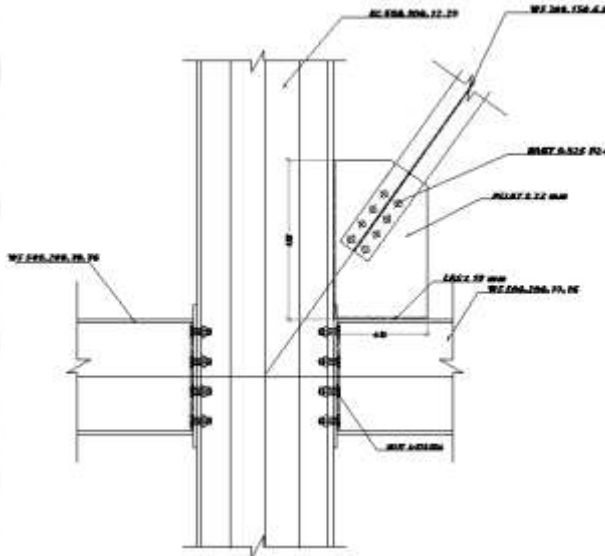
Sesuai peraturan SNI 03 – 1729 – 2002 butir 15.13.6.4 mengenai kuat perlu sambungan batang bresing ke balok, harus ditentukan lebih besar atau sama dengan kuat nominal batang bresing yaitu 1,25 . Ry.Vn.

Untuk kuat geser nominal (V_n) , diambil yang terkecil dari V_p atau $2M_p/e$.

$$\begin{aligned} V_p &= 0,6 \cdot f_y \cdot (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w \\ &= 0,6 \cdot 2500 \cdot (58,8 - 2 \cdot 2) \cdot 1,2 \\ &= 106860 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

$$\frac{2M_p}{e} = \frac{2 \times Z_x \cdot F_y}{e} = \frac{2 \times 5228,208 \times 2500}{35} = 746886,86 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} V_u &= 1,25 \cdot R_y \cdot V_n \\ &= 1,25 \cdot 1,5 \cdot 106860 \\ &= 200362,5 \text{ kg} \end{aligned}$$



Gambar 6.19 Sambungan Bresing Dengan Balok

Sambungan pada batang bresing

Kuat geser baut

Pada bidang geser baut tidak ada ulir ($r_1 = 0,5$)

Mutu profil BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

Baut tipe tumpu baut 24 mm ($A_g = 4,52 \text{ cm}^2$)

Mutu baut A325 ($f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$)

Tebal plat buhul = 22 mm

$$\begin{aligned}\Phi \cdot V_n &= \Phi \cdot (r_1 f_{ub}) \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot (0,5 \cdot 8250) \cdot 2 \cdot 4,52 \\ &= 27967,5 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\Phi \cdot R_n &= \Phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 2,2 \cdot 4100 \\ &= 38966,4 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{200362,5}{27967,5} = 7,16 \approx 8 \text{ buah}$$

Dipasang 4 buah 2 baris.

Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned}\text{Jarak ke tepi} &= 1,5 d_b \text{ s.d } (4t_p + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 3,6 \text{ cm s.d. } 15,2 \text{ cm} \rightarrow \text{Terpasang} = 4 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak antar baut} &= 3 d_b \text{ s.d } 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 7,2 \text{ cm s.d } 19,5 \text{ cm} \rightarrow \text{Terpasang} = 8 \text{ cm}\end{aligned}$$

Sambungan las sudut pada plat buhul

- Bahan las sudut yang digunakan adalah E_{70xx}

Tebal efektif las sudut rencana $t_e = 1 \text{ cm}$

Kuat nominal las sudut

$$\begin{aligned}\phi \cdot R_{nw} &= 0,75 \cdot t_e \cdot (0,6 \cdot f_{uw}) \\ &= 0,75 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 70 \cdot 70,3 \\ &= 2214,45 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Luas las sudut

$$\begin{aligned}A_{las} &= 2 \cdot (d + b) \\ &= 2 \cdot (69,2 + 41) = 220,4 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Tegangan yang terjadi pada las sudut

$$L = 220,4 \text{ cm}$$

$$h = 300 \text{ cm}$$

$$b = 170 \text{ cm}$$

$$\cos \theta = 1,7/2,204 = 0,77$$

$$\sin \theta = 3/2,204 = 1,36$$

$$0,77 \cdot Vu = 0,77 \times 200362,5 = 154279,125 \text{ kg}$$

$$1,36 \cdot Vu = 1,36 \times 200362,5 = 272493 \text{ kg}$$

$$f_h = \frac{154279,125}{220,4} = 699,996 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_v = \frac{272493}{220,4} = 1236,356 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{(\sum f_v)^2 + (\sum f_h)^2} = \sqrt{(699,996)^2 + (1236,356)^2} = 1420,76 \text{ kg/cm}^2$$

Tebal efektif las sudut

$$t_e = \frac{f_{total}}{\phi \cdot R_{nw}} = \frac{1420,764}{2214,45} = 0,64 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,64}{0,707} = 0,90 \text{ cm} > a \text{ min (6mm)}$$

Dipakai ketebalan las sudut sebesar 1 cm

6.2.12 Sambungan Kolom KC 800x450x16x38 Dengan KC 588x300x12x20

Perencanaan sambungan antara KC800x450x16x38 dengan KC588x300x12x20 menggunakan *fixed plate* dari katalog PT. Gunung Garuda dengan data – data sebagai berikut :

- | | |
|---------------------------|---------------------------|
| • Part No = BMK-17 | • Part No = BMK-16 |
| • H = 1000mm | • H = 9000mm |
| • B = 1000mm | • B = 900mm |
| • $t_p = 55 \text{ mm}$ | • $t_p = 54 \text{ mm}$ |
| • $q = 431,75 \text{ kg}$ | • $q = 343,36 \text{ kg}$ |

Beban yang bekerja pada sambungan sebagai berikut :

$$Pu = 283163,82 \text{ kg}$$

$$Mu = 1461285,76 \text{ kg.cm}$$

$$Vu = 12322,74 \text{ cm}$$

Sambungan Las pada pelat landas

Direncanakan las dengan $t_e = 1 \text{ cm}$ pada profil KC 588x300x12x20 sehingga didapat:

$$A_{las} = \{(2.53, 2) + (2.48) + (4.30)\} \cdot 1 = 322,4 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} I_x &= \left[2 \left(\frac{1}{12} \cdot 1.53, 2^3 + \frac{1}{12} \cdot 30.1^3 + 30.1.29,46^2 \right) \right] \\ &\quad + \left[2 \left(\frac{1}{12} \cdot 48.1^3 + \frac{1}{12} \cdot 1.30^3 \right) \right] \\ &= 81681,276 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$I_x = I_y = 81681,276 \text{ cm}^4$$

$$W_x = W_y = \frac{I_x}{y} = \frac{81681,276}{29,4} = 2778,274 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} f_{u_{las}} &= \phi \cdot 0,6 \cdot F_{E70xx} \\ &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot 70 \cdot 70,3 \cdot 1 \\ &= 2214,45 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Akibat P_u yang berasal dari KC 588x300x12x20:

$$f_p = \frac{Pu}{A} + \frac{Mx}{W_x} = \frac{283163,82}{322,4} + \frac{1461285,76}{2778,274} = 1404,27 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat V_u yang berasal dari KC 588x300x12x20:

$$f_v = \frac{Vu}{A} + \frac{Mx}{W_x} = \frac{12322,74}{355,8} + \frac{1461285,76}{2778,274} = 560,60 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{f_p^2 + f_v^2} = \sqrt{1404,27^2 + 560,60^2} = 1512,03 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = \frac{f_{total}}{f_{u_{las}}} = \frac{1512,03}{2214,45} = 0,68 \text{ cm}$$

$$= \frac{t_e}{0,707} = \frac{2,74}{0,707} = 0,96 \text{ cm} > (a \text{ min} = 6 \text{ mm})$$

Syarat- syarat tebal kaki las

Tebal minimum = $t_{\text{plat}} = 55 \text{ mm}$

$$a_{\text{eff max}} = 1,41 \cdot \frac{fu}{f_{E 70xx}} \cdot tp = 1,41 \cdot \frac{4100}{70 \cdot 70,3} \cdot 5,4 = 6,34 \text{ cm}$$

Sehingga dipakai las dengan $a = 1,0 \text{ cm}$

Perencanaan tebal pelat landas

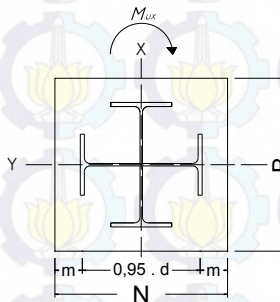
Periksa eksentrisitas gaya:

$$e = \frac{M_{ux}}{Pu} = \frac{1461285,76}{283163,82} = 5,16 \text{ cm}$$

$$1/6 h = 1/6 \cdot 100 = 16,67 \text{ cm} > e = 5,16 \text{ cm}$$

Karena $1/6 h > e$, maka tidak terjadi gaya tarik

Perencanaan akibat beban sumbu X:



Gambar 6.20 Arah Beban Sumbu X Pada Pelat Landas

- Akibat beban P_u

$$f_{pa} = \frac{Pu}{B \cdot N} = \frac{283163,82}{90 \cdot 90} = 34,96 \text{ kg / cm}^2$$

- Akibat beban M_u

$$f_{pb} = \frac{6 \cdot Mu}{B \cdot N^2} = \frac{6 \cdot 1461285,76}{90 \cdot 90^2} = 12,02 \text{ kg / cm}^2$$

- Tekanan maksimal

$$f_{p \text{ max}} = f_{pa} + f_{pb} = 34,96 + 12,02 = 46,98 \text{ kg / cm}^2$$

- Menentukan M_{upl} pada sejarak m setiap lebar 1 cm pelat

$$m = \frac{N - 0,95.d}{2} = \frac{90 - 0,95 \cdot 58,8}{2} = 17,07 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} M_{upl} &= \left(f_{p_{max}} - 2 \cdot f_{pb} \cdot \frac{m}{N} \right) \cdot \left(\frac{m^2}{2} \right) + \left(2 \cdot f_{pb} - \frac{m}{N} \right) \left(\frac{m^2}{3} \right) \\ &= \left(46,98 - 2 \cdot 12,02 \cdot \frac{17,07}{90} \right) \cdot \left(\frac{17,07^2}{2} \right) + \left(2 \cdot 12,02 - \frac{17,07}{90} \right) \left(\frac{17,07^2}{3} \right) \\ &= 8496,82 \text{ kg.cm / cm} \end{aligned}$$

- Menentukan tebal base plate

$$F_y = 2500 \text{ kg/m}^2$$

$$t = \sqrt{\frac{4 \cdot M_{upl}}{0,9 \cdot f_y}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8496,82}{0,9 \cdot 2500}} = 3,88 \text{ cm} < 5,4 \text{ cm (OK)}$$

Perencanaan pelat pengaku pelat landas

- Pelat pengaku direncanakan seperti dengan dengan balok yang menerima beban momen dari pelat landas.
- Dimensi pelat minimum menurut SNI-03-1729-2002 Pasal 8.11

Lebar pelat pengaku minimum (bs)

$$b_s \geq \frac{b}{3} - \frac{tw}{2} = \frac{30}{3} - \frac{1,2}{2} = 9,4 \text{ cm}$$

Tebal pelat pengaku minimum (ts)

$$t_s \geq 0,5 \cdot tf \rightarrow 0,5 \times 2 = 1,0 \text{ cm}$$

$$t_s \geq 1,79 \cdot b_s \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 1,79 \cdot 9,4 \cdot \sqrt{\frac{2500}{2 \cdot 10^6}} = 0,59 \text{ cm}$$

Digunakan lebar pelat pengaku (bs) = 20 cm dengan tebal pelat pengaku (ts) = 1,0 cm

Perencanaan las dan baut pada pelat landas

Direncanakan las dengan $t_e = 1 \text{ cm}$ pada daerah yang diarsir pada daerah pelat landas sehingga didapat:

$$A_{las} = \{58,8 \times 4\} \cdot 1 = 235,2 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \left[2 \left(\frac{1}{12} \cdot 1.29,4^3 + 58,8 \cdot 1.29,4^2 \right) \right] = 105884,1 \text{ cm}^4$$

$$I_x = I_y = 105884,1 \text{ cm}^4$$

$$W_x = W_y = \frac{I_x}{y} = \frac{105884,1}{29,4} = 3601,5 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} f_{u_{las}} &= \phi \cdot 0,6 \cdot F_{E70xx} \\ &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot 70 \cdot 70,3 \cdot 1 \\ &= 2214,45 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Akibat P_u :

$$f_p = \frac{Pu}{A} + \frac{Mx}{W_x} = \frac{283163,82}{235,2} + \frac{1461285,76}{3601,5} = 1609,67 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat V_u :

$$f_v = \frac{Vu}{A} + \frac{Mx}{W_y} = \frac{12322,74}{235,2} + \frac{1461285,76}{3601,5} = 458,136 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{f_p^2 + f_v^2} = \sqrt{1609,67^2 + 458,136^2} = 1673,59 \text{ kg/cm}^2$$

$$te = \frac{f_{total}}{f_{u_{las}}} = \frac{1673,59}{2214,45} = 0,75 \text{ cm}$$

$$a = \frac{te}{0,707} = \frac{0,75}{0,707} = 1,06 \text{ cm} > (a_{\min} = 6 \text{ mm})$$

Syarat- syarat tebal kaki las

Tebal minimum = $t_{\text{plat}} = 55 \text{ mm}$

$$a_{\text{eff max}} = 1,41 \cdot \frac{fu}{f_{E70xx}} \cdot tp = 1,41 \cdot \frac{4100}{70 \cdot 70,3} \cdot 5,4 = 6,34 \text{ cm}$$

Sehingga dipakai las dengan $a = 1,2 \text{ cm}$

- Gaya tarik yang terjadi pada baut

$$T = \frac{f_{p \max} \cdot A \cdot B}{2} - Pu = \frac{46,98 \cdot 90 \cdot 90}{2} - 283163,82 = 92894,82 \text{ kg}$$

Perhitungan Baut:

Dipakai baut angkur Ø30 mm dengan $f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned}\phi V_n &= 0,75 \cdot r_l \cdot f_{ub} \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 8250 \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 3^2\right) \\ &= 21868,43 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 2,4 \cdot \phi \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 2,4 \cdot 0,75 \cdot 3 \cdot 5,4 \cdot 4100 \\ &= 119556 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Kuat rencana tarik

$$\begin{aligned}\phi R_n &= T_d = \phi \cdot 0,75 \cdot f_{ub} \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,75 \cdot 8250 \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 3^2\right) \\ &= 32802,65 \text{ kg}\end{aligned}$$

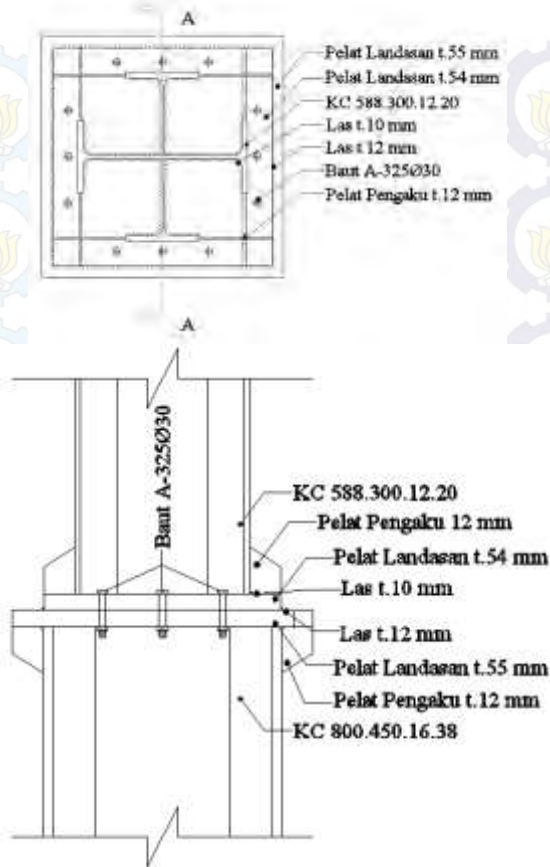
- Jumlah baut yang dibutuhkan (diambil jumlah yang terbesar antara gaya geser dan gaya tarik yang terjadi)

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{12322,74}{21868,43} = 0,56$$

Terhadap gaya tarik

$$n = \frac{T}{\phi V_n} = \frac{92894,82}{21868,43} = 4,24 \approx 12 \text{ buah}$$

Untuk Pelat landas dipakai 12 baut agar simetris.



Gambar 6.21 Sambungan Antar Kolom



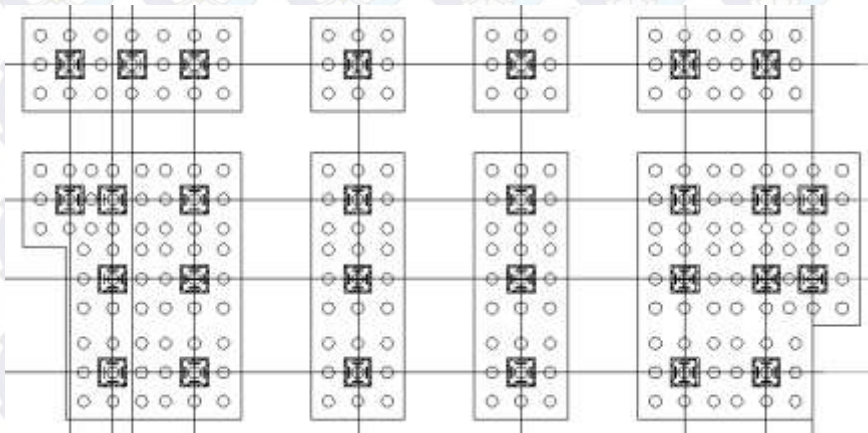
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 7

PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH

7.1 Perencanaan Pondasi

Rencana pondasi yang berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang berada dibawah dan berfungsi sebagai elemen yang meneruskan beban ke tanah.



Gambar 7.1 Denah Rencana Pondasi

Direncanakan pondasi yang akan digunakan pada struktur gedung hotel menggunakan pondasi tiang pancang (*Concrete Pile*) dengan penampang bulat berongga (*Round Hollow*) dari produk dari PT. WIKA Beton.

Spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

- Diameter tiang : 500 mm
- Tebal tiang : 90 mm
- Klasifikasi : A1
- *Concrete cross section* : 1159 cm²
- Berat : 290 kg/m
- *Bending moment crack* : 10,5 tm

- *Bending momen ultimate* : 15,75 tm
- *Allowable axial load* : 185,3 tm
- *Modulus section* : 10505 cm³

7.2 Daya Dukung Tanah

7.2.1 Tiang Pancang Tunggal

Harga rata-rata SPT di sekitar 4D di atas hingga 4D di bawah dasar tiang pondasi (N_p):

$$N_p = \left(\frac{15,5 + 43,5 + 50}{3} \right) = 36,33$$

Ketentuan nilai K:

K = Koefisien karakteristik tanah

= 12 t/m², untuk tanah lempung

= 20 t/m², untuk tanah lanau berlempung

= 25 t/m², untuk tanah lanau berpasir

= 40 t/m², untuk tanah pasir

= 40 t/m², untuk lempung sangat kaku (Poulos, H.G)

Mengitung tahanan ujung bawah ultimit (Q_p):

Luas penampang dasar tiang (A_p):

$$A_p = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,5^2 = 0,19625$$

$$\begin{aligned} Q_p &= q_p \cdot A_p \\ &= (N_p \cdot K) \cdot A_p \\ &= (36,33 \times 40) \cdot 0,19625 \\ &= 285,19 \text{ ton} \end{aligned}$$

Menghitung tahanan gesek ultimit (Q_s):

$$Q_s = q_s \cdot A_s$$

- Harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam (N_s), dengan batasan : $3 \leq N \leq 50$
Mulai dari kedalaman 1,5 m:

$$= \left(\frac{7,5 + 19 + 23,5 + 16,5 + 12,5 + 27,5 + 13,5 + 15,5 + 40,5}{9} \right)$$

$$= \left(\frac{176}{9} \right) = 19,56$$

As = keliling x panjang tiang yang terbenam
 $= \pi \cdot 0,5 \cdot 14 = 21,99 \text{ m}^2$

- Tegangan akibat lekatan lateral dalam (qs):

$$q_s = \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) = \left(\frac{19,56}{3} + 1 \right) = 7,52 \text{ t / m}^2$$

Sehingga,

$$Q_s = \left(\frac{19,56}{3} + 1 \right) \cdot 21,99 = 165,36 \text{ ton}$$

Daya dukung tanah total:

$$Q_u = Q_p + Q_s = 285,19 + 165,36 = 450,55 \text{ ton}$$

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung tiang total dibagi dengan suatu angka keamanan.

$$P_{ijin \ 1 \ tiang} = \frac{Q_u}{SF} = \frac{285,19 + 165,36}{3} = 150,18 \text{ ton}$$

N' = harga SPT di lapangan

N = harga SPT setelah dikoreksi $= 15 + [(N' - 15) / 2]$

7.3 Perhitungan Pondasi Kolom

7.3.1 Daya Dukung Satu Tiang Pancang

Untuk daya dukung ini diambil nilai terkecil antara daya dukung bahan dan daya dukung tanah.

- Daya dukung bahan :

Dari spesifikasi bahan tiang pancang (tabel spesifikasi WIKA), didapat :

$$\bar{P}_{\text{ltip}} = 185,30 \text{ ton}$$

- Daya dukung tanah :

$$\bar{P}_{\text{liang}} = 150,18 \text{ ton}$$

Maka daya dukung satu tiang pondasi adalah 150,18 ton.

Perhitungan jarak tiang

$$2D \leq S \leq 2,5D$$

dengan S = jarak antar tiang

$$100 \leq S \leq 125$$

dipakai S = 125 cm

$$1D \leq S \leq 1,5D$$

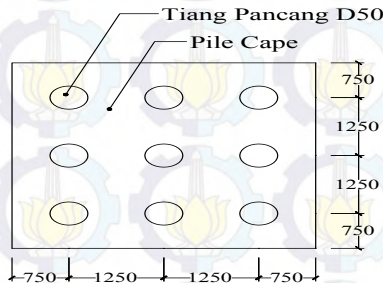
dengan S = jarak tepi

$$50 \leq S \leq 75$$

dipakai S = 75 cm

Direncanakan pondasi tiang dengan 9 tiang pancang.

Jarak dari as ke as tiang adalah 1,25 meter dengan konfigurasi sebagai berikut :



Gambar 7.2 Pondasi Tiang Pancang

Direncanakan menggunakan tiang pancang $\varnothing 50$ cm,

$$E_k = 1 - \left(\arctg \frac{500}{1250} \right) \left[\frac{(3-1)3 + (3-1)3}{90 \times 3 \times 3} \right]$$

$$= 0,68$$

Diambil tiang pancang dengan kedalaman (D) 13,5 m dari

perhitungan yang ditabelkan (terlampir), didapat nilai daya dukung satu tiang pancang :

P beban tetap = $150,18 \text{ kg} \times 0,68 = 102,12 \text{ ton}$.

Jadi diambil P beban tetap = $102,12 \text{ ton}$ (dari daya dukung tanah).

7.3.2 Perhitungan Repartisi Beban Diatas Tiang Kelompok

Dari hasil analisis SAP 2000 pada kolom interior, diperoleh:

Tabel 7.1 Hasil Analisis SAP 2000 Untuk Kolom

	(D + L)	(D + L + Ey)	(D + L + Ex)
P	452501,01	476681,45	459937,13
Mx	-106,72	-6173,68	-20551,54
My	7212,4	-29202,5	-10170,22
Hx	56,89	-1669,9	5768,18
Hy	-3045,58	-10836,92	5399,16

$$P_i = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_y \times x_{max}}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x \times y_{max}}{\Sigma y^2}$$

$$\Sigma y^2 = 6 (1,25)^2 = 9,375 \text{ m}^2$$

$$\Sigma x^2 = 6 (1,25)^2 = 9,375 \text{ m}^2$$

Beban Tetap:

$$\begin{aligned} P_{D+L} &= \frac{452501,01}{9} \pm \frac{7212,4 \times 1,25}{9,375^2} \pm \frac{106,72 \times 1,25}{9,375^2} \\ &= 50378,95 \text{ kg} \rightarrow (\text{menentukan}) \end{aligned}$$

Beban sementara:

$$\begin{aligned} P_{D+L+EX} &= \frac{459937,13}{9} \pm \frac{10170,22 \times 1,25}{9,375^2} \pm \frac{20551,54 \times 1,25}{9,375^2} \\ &= 51541,06 \text{ kg} \rightarrow (\text{menentukan}) \end{aligned}$$

$$P_{D+L+EY} = \frac{476681,45}{9} \pm \frac{29202,5 \times 1,25}{9,375^2} \pm \frac{6173,68 \times 1,25}{9,375^2}$$

$$= 52461,48 \text{ kg}$$

Kontrol beban tetap

$$P_{\max} = 50378,95 \text{ kg} < Q_{\text{ijin}} = 150180 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

Kontrol beban sementara

$$P_{\max} = 51541,06 \text{ kg} < Q_{\text{ijin}} = 1,5 \cdot 150180 \text{ kg}$$

$$P_{\max} = 51541,06 \text{ kg} < Q_{\text{ijin}} = 225270 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

7.3.3 Perencanaan Poer Pada Kolom

Poer direncanakan terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur.

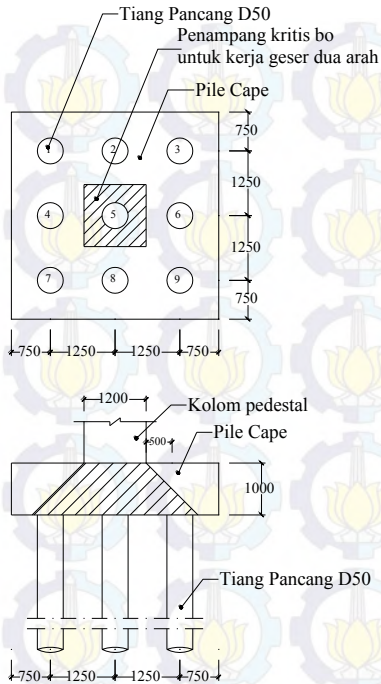
Data-data perancangan poer

- P_{\max} (1 tiang) = 150,18 ton
- Jumlah tiang pancang = 9 buah
- Dimensi poer = 4 x 4 x 1,0 m
- Mutu beton (f_c') = 30 MPa
- Mutu baja (f_y) = 400 MPa
- Diameter tulangan = 22 mm
- Selimut beton = 70 mm
- λ = 1 (beton normal)
- α_s = 40 (kolom interior)
- Tinggi efektif (d)
- $d_x = 1000 - 70 - \frac{1}{2} 22 = 919 \text{ mm}$
- $d_y = 1000 - 70 - 22 - \frac{1}{2}(22) = 897 \text{ mm}$

7.3.4 Kontrol Geser Pons

1. Akibat Kolom

Poer harus mampu menyebarkan beban dari kolom ke pondasi, sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser pons untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Perencanaan geser pons pada poer tersebut berdasarkan ketentuan SNI 03-2847-2012 Pasal 11.11.2.1.



Gambar 7.3 Geser Ponds Akibat Kolom

Untuk pondasi tapak non-prategang (V_c) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari persamaan berikut:

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

dimana :

β = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek (daerah beban terpusat) = $1200/1200 = 1$

Tebal efektif balok poer :

$$\text{Arah } x \text{ (dx)} = 1000 - 70 - (1/2 \cdot 22) = 919 \text{ mm}$$

Keliling penampang kritis :

$$b_o = 2 (b_k + d) + 2(h_k + d)$$

dimana : b_k = lebar penampang kolom

h_k = tinggi penampang kolom

d = tebal efektif poer

$$b_o = 2 (1200 + 919) + 2 (1200 + 919) = 8476 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_{c1} &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1} \right) 1 \cdot \sqrt{30} \times 8476 \times 919 \\ &= 21758916,37 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c2} &= 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ &= 0,083 \times \left(\frac{40 \cdot 919}{8476} \right) 1 \cdot \sqrt{30} \times 8476 \times 919 \\ &= 15357825,68 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c3} &= 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ &= 0,333 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \times 8476 \times 919 \\ &= 14079298,82 \text{ N} \end{aligned}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah 14079298,82 N = 1435198,65 Kg

$$\phi V_c = 0,6 \cdot 1435198,65 \text{ Kg} > P_u - P_{\text{mak}} \text{ kg}$$

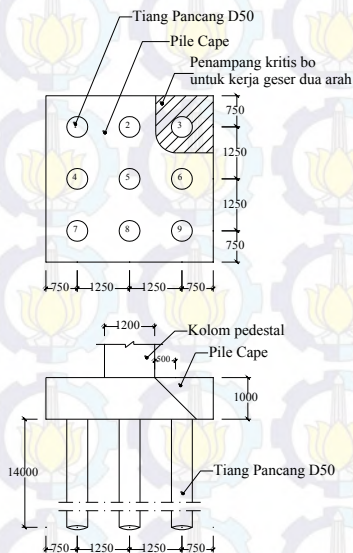
$$\begin{aligned} \phi V_c &= 861119,19 \text{ kg} > 452501,01 - (150,18 \times 1000) \\ &= 861119,19 \text{ kg} > 302321,01 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat kolom.

2. Akibat Pancang

β = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek (daerah beban terpusat) = $1200/1200 = 1$

$$b_o = (0,25 \times \pi \times (500 + 919)) + (2 \times 750) \\ = 2614,48 \text{ mm}$$



Gambar 7.4 Geser Ponds Akibat Tiang Pancang

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ = 0,17 \left(1 + \frac{2}{1} \right) 1 \cdot \sqrt{30} \times 2614,48 \times 919 \\ = 6711686,11 \text{ N}$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,083 \times \left(\frac{40 \cdot 919}{2614,48} \right) 1 \cdot \sqrt{30} \times 2614,48 \times 919 \\
 &= 15357825,68 \text{ N} \\
 V_{c3} &= 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
 &= 0,333 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \times 2614,48 \times 919 \\
 &= 4342855,72 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah 4342855,72 N = 442696,81 Kg

$$\phi V_c = 0,6 \cdot 442696,81 \text{ Kg} > P_{\text{mak}}$$

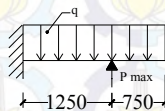
$$\phi V_c = 265618,08 \text{ kg} > (150,18 \times 1000)$$

$$= 265618,08 \text{ kg} > 150180 \text{ kg (OK)}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat pancang.

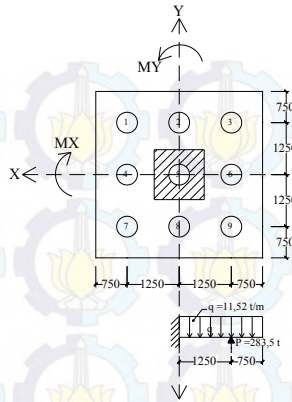
7.3.5 Penulangan Poer

Untuk penulangan lentur, *poer* dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri poer. Perhitungan gaya dalam pada poer didapat dengan teori mekanika statis tertentu.



Gambar 7.5 Analisa Poer sebagai Balok Kantilever

Penulangan Arah x



Gambar 7.6 Pembebanan Poer Kolom Tipe I (Arah Sumbu X)

$$P_{\max} = 150,18 \text{ ton}$$

$$P = 3 \times 150,18 = 450,54 \text{ ton}$$

$$Q = 4 \times 2,4 \times 1 = 9,6 \text{ ton/m}$$

$$q_u = 9,6 \text{ ton/m} \times 1,2 = 11,52 \text{ ton/m}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 3P_{\max}a - \frac{1}{2} q_u x. L^2 \\ &= (450,54 \times 1,25) - (\frac{1}{2} \times 11,52 \times (1,25 + 0,75)^2) \\ &= 540,135 \text{ tonm} \\ &= 5298783125 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$d_x = 1000 - 70 - \frac{1}{2} \cdot 22 = 919 \text{ mm}$$

$$d_y = 1000 - 70 - 25 - \frac{1}{2} \cdot 22 = 897 \text{ mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{5298783125}{0,8} = 6623478906 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 30} = 15,69$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{bal}} = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y}$$

$$= \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \left(\frac{600}{600 + 400} \right)}{400} = 0,03251$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,03251 = 0,02438$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{6623478906}{4000 \times 919^2} = 1,96$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 1,96}{400}} \right) = 0,005104 > \rho_{\min}$$

$$\text{Jadi, } \rho = 0,005104$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$A_s = \rho \times b \times d_x$$

$$= 0,005104 \times 1000 \times 919 = 4690,944 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan D22 ($A_s = 380,13 \text{ mm}^2$)

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{4690,944}{380,13} = 12,34 \approx 13 \text{ buah}$$

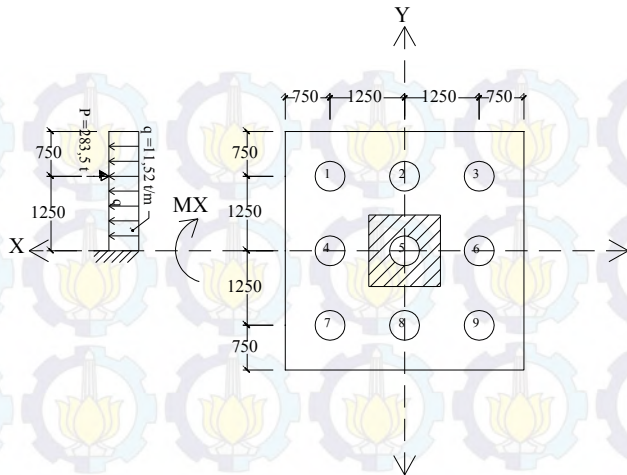
$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{13 - 1} = 83,33 \approx 80$$

Digunakan tulangan lentur atas D22–80 mm

$$A_s = \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right) \frac{1000}{80}$$

$$= 4751,66 \text{ mm}^2 > 4690,944 \text{ mm}^2 \text{ (Ok)}$$

Penulangan Arah y



Gambar 7.7 Pembebanan Poer Kolom Tipe I (Arah Sumbu Y)

$$P_{\max} = 150,18 \text{ ton}$$

$$P = 3 \times 150,18 = 450,54 \text{ ton}$$

$$Q = 4 \times 2,4 \times 1 = 9,6 \text{ ton/m}$$

$$q_u = 9,6 \text{ ton/m} \times 1,2 = 11,52 \text{ ton/m}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 3P_{\max}a - \frac{1}{2} q_u \cdot L^2 \\ &= (450,54 \times 1,25) - \left(\frac{1}{2} \times 11,52 \times (1,25 + 0,75)^2\right) \\ &= 540,135 \text{ tonm} \\ &= 5298783125 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$d_x = 1000 - 70 - \frac{1}{2} \cdot 22 = 919 \text{ mm}$$

$$d_y = 1000 - 70 - 25 - \frac{1}{2} \cdot 22 = 897 \text{ mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{5298783125}{0,8} = 6623478906 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 30} = 15,69$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{bal}} &= \frac{0,85 \cdot f'c \cdot \beta \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} \\
 &= \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \left(\frac{600}{600 + 400} \right)}{400} = 0,03251 \\
 \rho_{\text{max}} &= 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,03251 = 0,02438 \\
 R_n &= \frac{M_n}{b d^2} = \frac{6623478906}{4000 \times 897^2} = 2,06 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 2,06}{400}} \right) = 0,00538 > \rho_{\text{min}}
 \end{aligned}$$

Jadi, $\rho = 0,00538$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d_x \\
 &= 0,00538 \times 1000 \times 897 = 4822,99 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D22 ($A_s = 380,13 \text{ mm}^2$)

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{4822,99}{380,13} = 12,67 \approx 13 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{13-1} = 83,33 \approx 75$$

Digunakan tulangan lentur atas D22–75 mm

$$\begin{aligned}
 A_s &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right) \frac{1000}{75} \\
 &= 5068,44 \text{ mm}^2 > 4822,99 \text{ mm}^2 \text{ (Ok)}
 \end{aligned}$$

7.4 Perencanaan Kolom Pedestal

Besarnya gaya – gaya dalam kolom diperoleh dari hasil analisis SAP 2000 pada pada kolom lantai 1, adalah :

$$\text{Mu} = 6551511,07 \text{ kg cm} = 65515,11 \text{ kg m}$$

$$\text{Pu} = 647688,62 \text{ kg} = 6353825,36 \text{ N}$$

$$V_u = 19313,08 \text{ kg} = 189268,84 \text{ N}$$

Data perencanaan kolom :

$$b = 1200 \text{ mm}$$

$$h = 1200 \text{ mm}$$

$$A_g = 1440000 \text{ mm}^2$$

Mutu bahan :

$$f'_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\text{Selimut beton} = 50 \text{ mm}$$

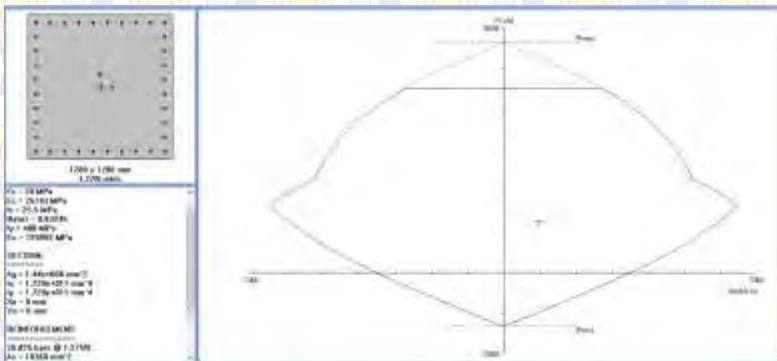
$$\text{Tulangan sengkang} = \varnothing 12 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan utama} = \varnothing 25 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi efektif} = 1200 - (50 + 12 + \frac{1}{2} \cdot 25) = 1125,5 \text{ mm}$$

Penulangan Lentur pada Kolom

Dari PCACOL didapat nilai $\rho = 1,275 \%$



Gambar 7.8 Hasil Analisis Kolom Pedestal dengan Program PCA Col.

$$A_s = 0,0123 \cdot 1200 \cdot 1125,5 = 16612,38 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan 36 D25, $A_s = 17671,46 \text{ mm}^2$ dipasang merata 4 sisi.

Penulangan Geser Kolom

$$V_u = 19313,08 \text{ kg} = 189268,84 \text{ N}$$

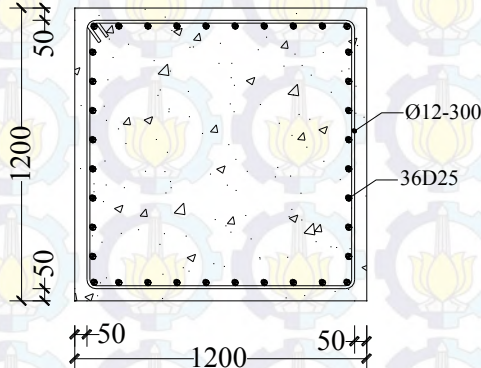
Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton :

$$\begin{aligned}
 V_c &= 2 \left(1 + \frac{Nu}{14Ag} \right) \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \times b \times d \\
 &= 2 \left(1 + \frac{6353825,36}{14.1440000} \right) \frac{1}{6} \sqrt{30} \times 1200 \times 1125,5 \\
 &= 3243007,713
 \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 0,6 V_c = 1945804,628 \text{ N}$$

Karena $V_u < \phi V_c \rightarrow$ tidak perlu tulangan geser

Jadi dipasang tulangan geser praktis $\phi 12 - 300$, sengkang dua kaki



Gambar 7.9 Penulangan Kolom Pedestal

7.5 Perhitungan Sloof Pondasi

Desain penulangan pada sloof akan direncanakan menggunakan tulangan baja, hal tersebut dilakukan karena sloof menerima kombinasi beban aksial tekan dan lentur.

Dalam perancangan sloof ini diambil contoh perhitungan pada sloof tepi:

$$\text{Gaya aksial kolom} = 647688,62 \text{ kg}$$

$$P_u = 10\% \times 647688,62 \text{ kg}$$

$$= 64768,862 \text{ kg} \rightarrow 635382,536 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dimensi sloof} &= 400 \times 600 \text{ mm}^2 \\
 \text{Mutu beton (f}_c\text{)} &= 30 \text{ MPa} \\
 \text{Mutu baja (f}_y\text{)} &= 400 \text{ MPa} \\
 \text{Tulangan utama} &= \text{D22} \\
 \text{Tulangan sengkang} &= \text{Ø10} \\
 \text{Selimut beton} &= 50 \text{ mm} \\
 d &= 600 - 50 - 10 - (\frac{1}{2} \times 22) = 529 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tegangan ijin tarik beton :

$$f_{ijin} = 0,70 \times \sqrt{f'_c} = 0,70 \times \sqrt{30} = 3,83 \text{ Mpa}$$

Tegangan tarik yang terjadi :

$$f_r = \frac{Pu}{\phi \cdot b \cdot h} = \frac{635382,536}{0,80 \times 400 \times 600} = 3,30 \text{ Mpa} < f_{r_{ijin}}$$

7.5.1 Penulangan Lentur Sloof

Penulangan sloof didasarkan pada kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya seperti penulangan pada kolom.

Adapun beban –beban yang ditimpakan ke sloof meliputi : berat sendiri sloof, berat dinding pada lantai paling bawah, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom.

$$\begin{aligned}
 \text{Dimensi sloof :} \quad b &= 400 \text{ mm} \\
 h &= 600 \text{ mm} \\
 A_g &= 240000 \text{ mm}^2 \\
 \text{Mutu bahan :} \quad f'_c &= 30 \text{ MPa} \\
 f_y &= 400 \text{ MPa} \\
 \text{Selimut beton} &= 50 \text{ mm} \\
 \text{Tul. sengkang} &= \text{Ø12} \\
 \text{Tul. utama} &= \text{D22} \\
 \text{Tinggi efektif (d)} &= 600 - (50 + 12 + \frac{1}{2} \cdot 22) \\
 &= 527 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Beban-beban yang terjadi pada sloof :

$$\text{Beban dinding } 1,2 \times 250 \times 3 = 900,00 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sloof } 1,2 \times 0,40 \times 0,60 \times 2400 = 691,20 \text{ kg/m}$$

$$Q_u = 1591,20 \text{ kg/m}$$

$$\text{Panjang sloof} = 7 \text{ m}$$

$$M_u = 1/12 \times q_u \times L^2$$

$$= 1/12 \times 1591,20 \times 7^2$$

$$= 6497,4 \text{ kgm}$$

$$D(V_u) = 1/2 \times q_u \times L$$

$$= 1/2 \times 1591,20 \times 7$$

$$= 5569,2 \text{ kg}$$

- Penulangan tarik pada sloof

$$M_u = 6497,4 \text{ kgm} = 64974000 \text{ Nmm}$$

$$D(V_u) = 5569,2 \text{ kg} = 55692 \text{ N}$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$A_s = \frac{V_u}{f_y} = \frac{55692}{400} = 139,23 \text{ mm}^2$$

- Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$A'_s = 0.5 A_s = 0.5 \times 139,23 = 69,615 \text{ mm}^2$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{64974000}{0.8} = 81217500 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} = \frac{400}{0.85 \times 30} = 15,69$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0.75\rho_{\text{balance}} \\
 &= 0.75 \frac{0.85f'_c\beta}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= 0.75 \frac{0.85 \times 30 \times 0.85}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0.0243 \\
 R_n &= \frac{M_n}{bd^2} = \frac{81217500}{400 \times 527^2} = 0.73 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15.69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.69 \times 0.73}{400}} \right) \\
 &= 0.0018
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\delta} < \rho_{\min} \text{ dipakai } \rho_{\min} = 0.0035$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 A_{s1} &= \rho \times b \times d_x \\
 &= 0.0035 \times 400 \times 572 \\
 &= 800.8 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 A_{s1}' &= 0.50 \times A_s \\
 &= 400.4 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tulangan tarik : } A_s + A_{s1} &= 139.23 + 800.8 \\
 &= 940.03 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan tarik 4D22 ($A_s = 1520.53 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tulangan tekan : } A_s' + A_{s1}' &= 69.615 + 400.4 \\
 &= 470.015 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 4D16 ($A_s = A_s' = 1520.53 \text{ mm}^2$)

- Penulangan Geser Sloof

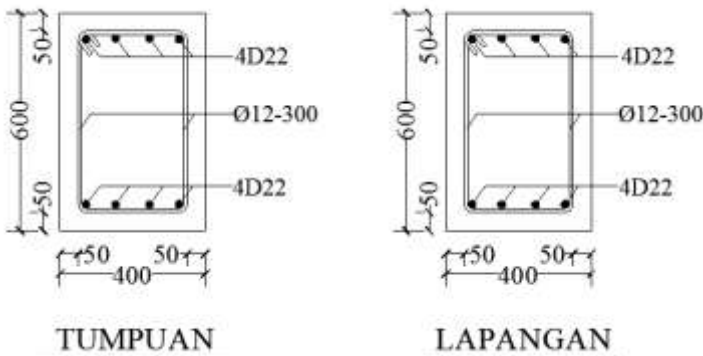
$$V_u = 55692 \text{ N}$$

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton :

$$\begin{aligned} V_c &= 2 \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b d \\ &= 2 \times \left(1 + \frac{6353825,36}{14 \times 240000} \right) \times \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 400 \times 527 \\ &= 7662764,566 \text{ N} > V_u = 55692 \text{ N} \end{aligned}$$

Sehingga tidak perlu tulangan geser. Jadi dipasang tulangan geser Ø12 – 300, sengkang 2 kaki.

Detail tulangan sloof



Gambar 7.10 Penampang Sloof 400 x 600

BAB 8

PENUTUP

8.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan struktur sekunder:

- a. Pelat lantai atap menggunakan bondek dari PT.BRC LYSAGHT INDONESIA tebal 0,75 mm dengan pelat beton tebal 90 mm dan dipasang tulangan negatif $\varnothing 8 - 250$.
- b. Pelat lantai hotel menggunakan bondek dari PT.BRC LYSAGHT INDONESIA tebal 0,75 mm dengan pelat beton tebal 100 mm dan dipasang tulangan negatif $\varnothing 10 - 250$.
- c. Dimensi balok anak pada atap menggunakan profil WF 300x200x8x12 untuk bentang 7m, WF 200x100x5,5x8 dan WF 200x150x6x9 untuk bentang 3,5 m dengan mutu baja BJ-41.
- d. Dimensi balok anak pada lantai hotel menggunakan profil WF 400x200x7x11 untuk bentang 7m, WF 200x100x5,5x8 dan WF 200x150x6x9 untuk bentang 3,5 m dengan mutu baja BJ-41.
- e. Dimensi balok penggantung lift menggunakan profil WF 300 x 150 x 6,5 x 9 dengan mutu baja BJ-41
- f. Tebal pelat tangga yang digunakan 3 mm dan dimensi pengaku anak tangga siku 45 x 45 x 5 dengan mutu baja BJ-41.
- g. Tebal pelat bordes yang digunakan 5 mm dan dimensi balok bordes WF 100 x 50 x 5 x 7 dengan mutu baja BJ-41.
- h. Dimensi balok utama tangga menggunakan profil WF 200 x 100 x 4,5 x 7 dan dimensi balok penumpu tangga WF 200 x 100 x 5,5 x 8 dengan mutu baja BJ-41.

2. Hasil perhitungan struktur primer:

- a. *Steel Slit Damper* (SSD) arah X dan Y pada portal lebar 7 m dan 3,4 m menggunakan profil WF 350x350x14x22 dengan panjang 350 mm menggunakan mutu baja BJ 37.
- b. Dimensi bressing arah X dengan lebar portal 7 m menggunakan profil WF 200 x 200 x 8 x 12 dengan mutu baja BJ-41.
- c. Dimensi bressing arah Y dengan lebar portal 3,4 m menggunakan profil WF 200 x 150 x 6 x 9 dengan mutu baja BJ-41.
- d. Dimensi balok induk lantai hotel bentang 7 m menggunakan profil WF 500 x 200 x 10 x 16 dengan mutu baja BJ-41, bentang 4m menggunakan profil WF 450x200x10x16 dengan mutu baja BJ-41, bentang 2 m menggunakan profil WF 300x150x5,5x8 dengan mutu baja BJ-41
- e. Dimensi balok induk atap bentang 7 m menggunakan profil WF 500 x 300 x 10 x 15 dengan mutu baja BJ-41, bentang 4m menggunakan profil WF 500x200x10x16 dengan mutu baja BJ-41, bentang 2 m menggunakan profil WF 250x125x6x8 dengan mutu baja BJ-41.
- f. Dimensi kolom lantai 1 s/d 6 menggunakan profil KC.800 x 450 x 16 x 38, kolom lantai 7 s/d 12 menggunakan profil KC.588 x 300 x 12 x 20 dengan mutu baja BJ-41.
- g. Perencanaan base plate menggunakan fixed plate dari katalog PT. Gunung Garuda dengan Part No. BMK-17.

3. Hasil perhitungan struktur bawah:

- a. Struktur pondasi menggunakan pondasi tiang pancang beton dengan penampang bulat berongga (*Round Hollow*) dari produk dari PT. WIKA Beton \varnothing 50 cm (tipe A1) dengan kedalaman 14 m.

- b. Dimensi poer direncanakan 4 m x 4 m x 1m, dengan tulangan lentur arah X D22–75 mm dan tulangan lentur arah Y D22–80 mm dan
- c. Dimensi kolom pedestal direncanakan 1200 mm x 1200 mm, dengan tulangan utama 36D25 dan tulangan geser Ø12 – 300.
- d. Dimensi sloof direncanakan 400 mm x 600 mm, dengan tulangan lentur 8D22 dan tulangan geser Ø12 – 300.

8.2 Saran

Diharapkan dengan adanya perencanaan bangunan gedung dengan *Steel slit Damper* dapat menjadi inovasi terbaru pada perancangan gedung di Indonesia mengingat belum adanya struktur gedung di Indonesia yang menggunakan *damper*. Selain itu, dapat juga dilakukan studi lebih lanjut mengenai efektivitas penggunaan *damper* pada bangunan gedung.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

Aa Ong, Mahadianto., "Pendekatan Analisa Linear *Metallic Damper*", Thesis, Sekolah Pasca Sarjana, Universitas Sumatera Utara., Medan, 2008

Arumsari, Lisa Ika. 2012. "Studi Respon Seismik Penggunaan Steel Slit Damper (SSD) Pada Portal Baja." *JURNAL TEKNIK SIPIL ITS Vol. 1, No. 1* ISSN:2301-9271.

Chan W, Ricky W.K., and Albermani, F., 2008. "*Experimental Study of Steel Slit Damper for Passive Energy Dissipation*". Engineering Structures 30, 4: 1058-1066.

Fahim Sadek, Bijan Mohraz, Andrew W Taylor, and Riley M. Chung., 1996, "*Passive Energy Dissipation Devices for Seismic Applications*", National Institute of Standards and Technology.

FEMA-356. (2000). *Pre-standard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings*, Report No. FEMA-356, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.

Hong-Nan Li , Gang Li and Su-Yan Wang., 2014, "*Study and Application of Metallic Yielding Energy Dissipation Devices in Buildings*", Tenth U.S. National Conference on Earthquake Engineering.

Oh, Sang-Hoon., Kim, Young-Ju., and Ryu, Hong-Sik., 2009., "*Seismic Performance of Steel Structures with Slit Dampers*". Engineering Structures 31, 9:1997-2008.

Parmonangan, Richard. 2013. " Pengaruh Letak Steel Slit Damper Pada Portal Baja Akibat Beban Gempa Tinggi ."

JURNAL TEKNIK SIPIL ITS Vol. 1, No. 1 ISSN:2301-9271.

Saffari, H, A A Hedayat, and M Poorsadeghi Nejad. 2013. "Post-Northridge Connections With Slit Dampers to Enhance Strength and Ductility." *Journal of Constructional Steel Research* 80 138-152.

Standar SNI 03-1726-2012., "Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung", Badan Standarisasi Nasional, 2012

Standar SNI 03-1729-2002., "Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung" Badan Standarisasi Nasional, 2002

Suari, Indah Herning. 2012. *Studi Perbandingan Perilaku Kinerja Chevron Knee Braced Frame dan Ordinary Knee Braced Frame Pada BAngunan Gedung Menggunakan RSNi 1726-201X*. Depok: Departemen Teknik Sipil, FTUI.

Teruna, Daniel Rumbi, and Hendrik Singarimbun. 2010. "Analisis Response Bangunan ICT Universitas Syiah Kuala Yang Memakai Slider Isolator Akibat Gaya Gempa." *Perkembangan dan Kemajuan Konstruksi Indonesia*. Jakarta: Seminar dan Pameran HAKI.

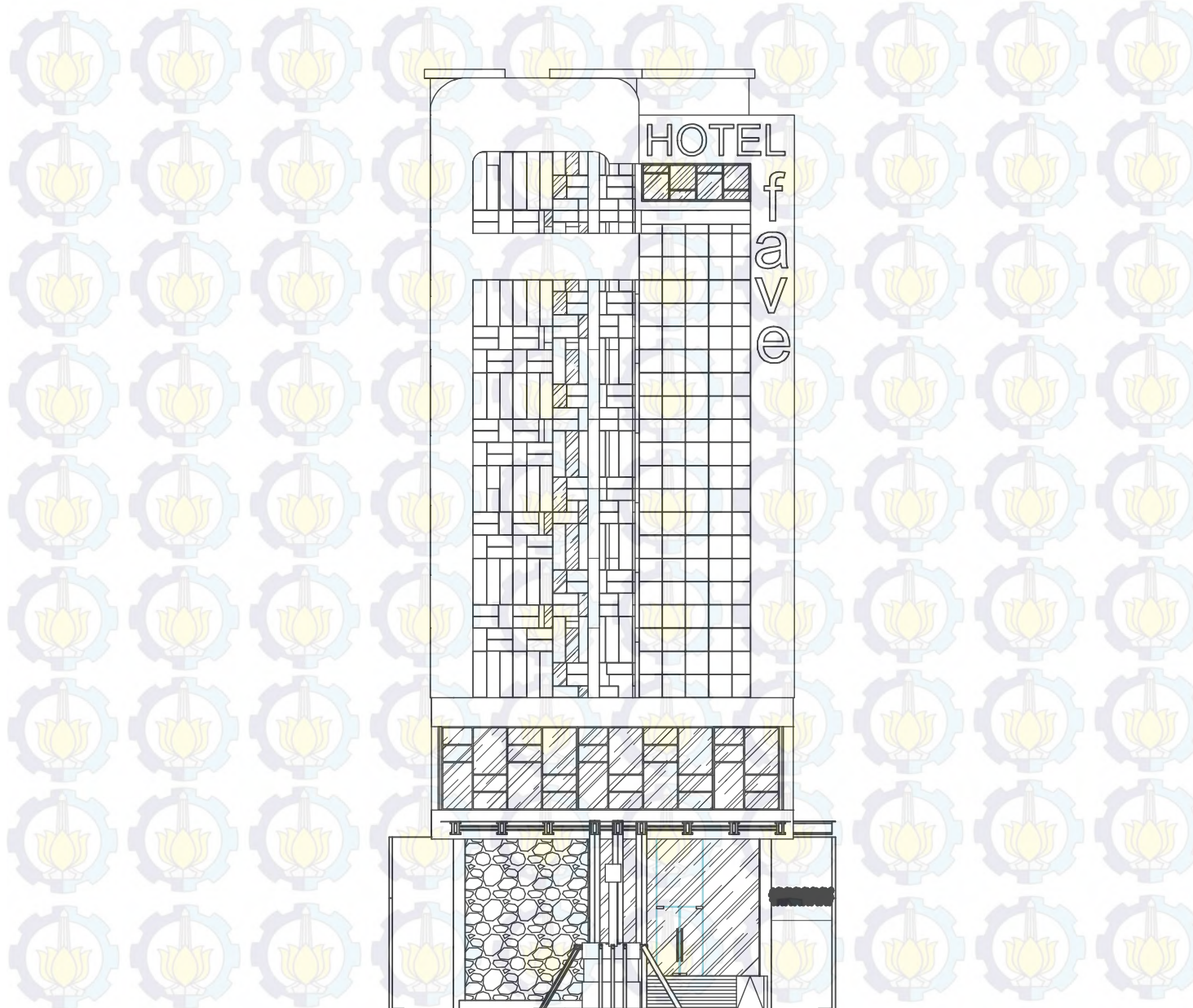
Tjong, Wong Foek., Sumendap, R., and Gunawan, F., 2003 "Studi Efektivitas Penggunaan Tuned Mass Damper Pada Struktur Gedung Dalam Mereduksi Respons Dinamik Akibat Beban Seismik". *Dimensi Teknik Sipil* 5, 2: 51-56.

Utomo, Junaedi, Dyah Kusumastuti, Muslinang Moestopo, and Adang Surahman. 2013. "Proteksi Seismik Dengan Metallic Damper Untuk Bangunan Tingkat Rendah Sampai Sedang." *Konfrensi Nasional Teknik Sipil* 7

(KoNTekS 7). Surakarta: Universitas Sebelas Maret (UNS). S141-S148.

Wijaya, Yan Parta. 2010.” Studi Stabilitas Pada Sistem Portal Baja Berpengaku Eksentrik (*Eccentrically Braced Frame*)”. Rekayasa Sipil Volume VI, Nomor 1, April 2010.

Yagiz, N., 2001, “*Sliding Mode Control of a Multi-Degree-of-Freedom Structural System With Active Tuned Mass Damper*”, Department of Mechanical Engineering, University of Istanbul, Avcilar, Istanbul- TURKEY.



TAMPAK DEPAN
SKALA 1 : 250



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
HOTEL FAVE KETINTANG
SURABAYA DENGAN
MENGGUNAKAN SISTEM
STRUKTUR *CONCENTRICALLY
BRACED FRAMES* DAN *STEEL
SLIT DAMPER*

Dosen Pembimbing

Endah Wahyuni, S.T,M.Sc.PhD

Keterangan

Nama Mahasiswa

Santi Nuraini

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

TAMPAK DEPAN

Skala

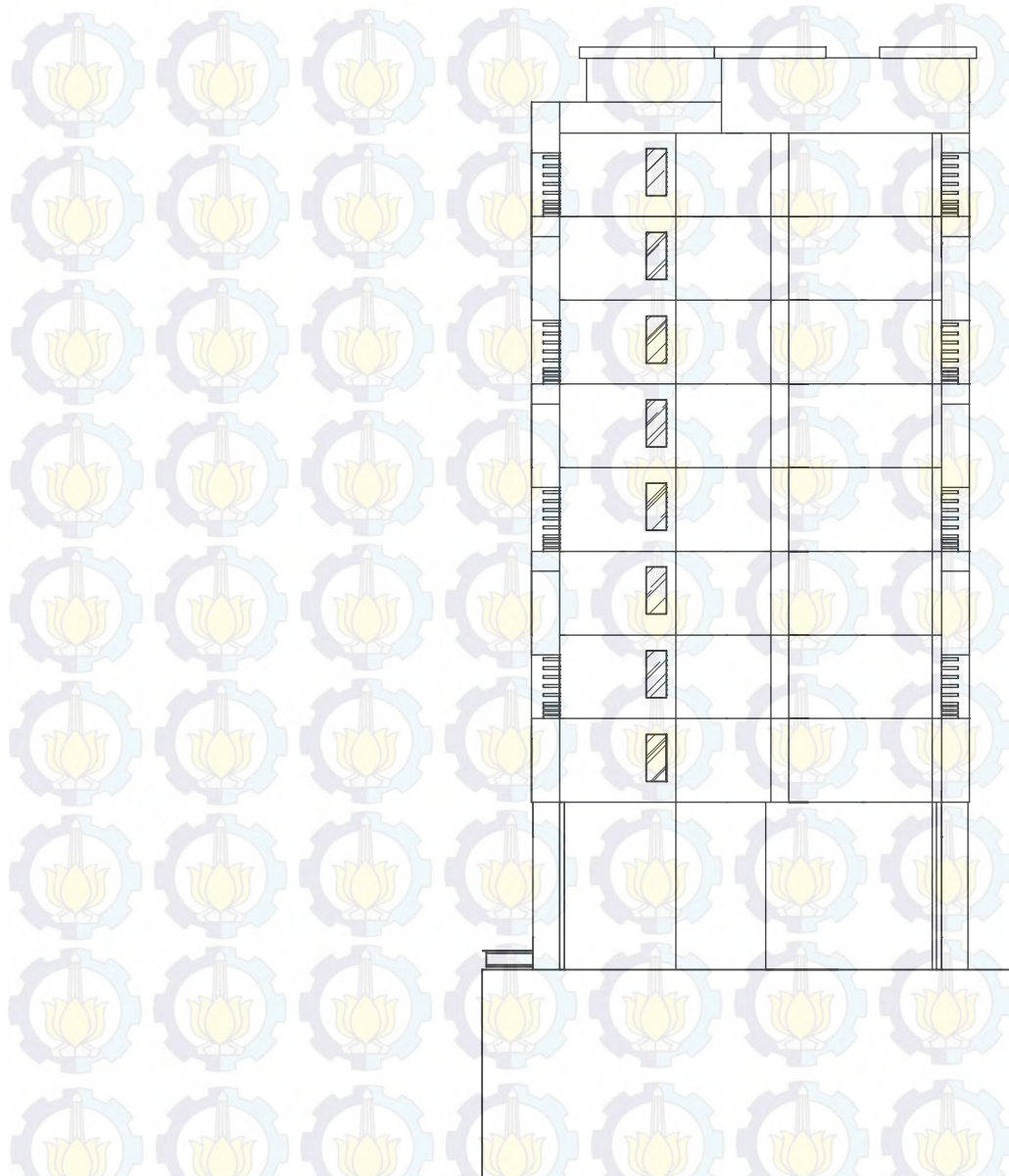
No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 20

1

25



TAMPAK BELAKANG
SKALA 1 : 250



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

**MODIFIKASI PERENCANAAN
HOTEL FAVE KETINTANG
SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN SISTEM
STRUKTUR *CONCENTRICALLY
BRACED FRAMES* DAN *STEEL
SLIT DAMPER***

Dosen Pembimbing

Endah Wahyuni, S.T,M.Sc.PhD

Keterangan

Nama Mahasiswa

Santi Nuraini

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

TAMPAK BELAKANG

Skala

No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 20

2

25



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Intitut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
HOTEL FAVE KETINTANG
SURABAYA DENGAN
MENGGUNAKAN SISTEM
STRUKTUR *CONCENTRICALLY
BRACED FRAMES* DAN *STEEL
SLIT DAMPER*

Dosen Pembimbing

Endah Wahyuni, S.T,M.Sc.PhD

Keterangan

BI1: WF 500.300.11.15
BI2 : WF 500.200.10.16
BI3 : 300.150.5,5.8
BA1 : 200.150.6.9
BA2 : 200.100.5,5.8
BA3 : 400.200.7.11
KC : 800.450.16.38

Nama Mahasiswa

Santi Nuraini

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

DENAH BALOK DAN
KOLOM LANTAI 1-11

Skala

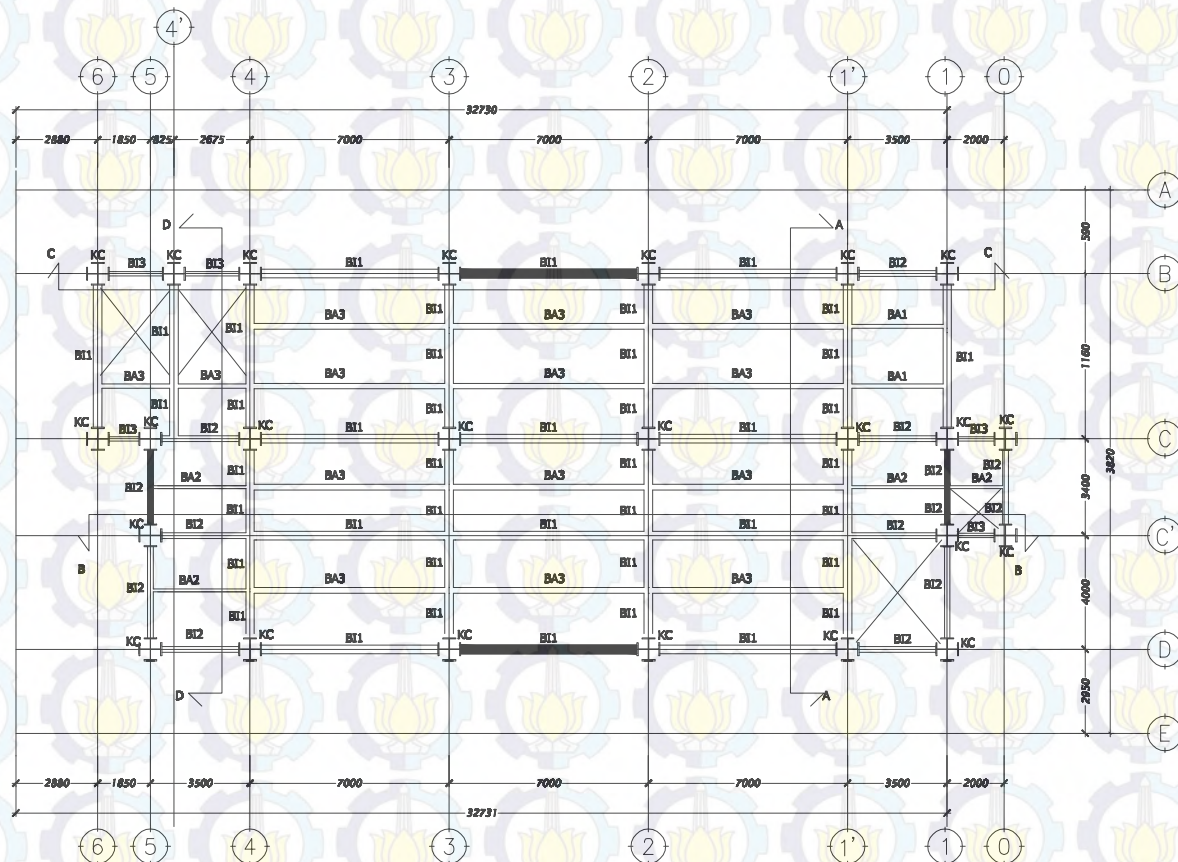
No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 250

3

25



DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI 1-6

SKALA 1 : 250



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
HOTEL FAVE KETINTANG
SURABAYA DENGAN
MENGGUNAKAN SISTEM
STRUKTUR *CONCENTRICALLY
BRACED FRAMES* DAN *STEEL
SLIT DAMPER*

Dosen Pembimbing

Endah Wahyuni, S.T.M.Sc.PhD

Keterangan

BI1: WF 500.300.11.15
BI2: WF 500.200.10.16
BI3: 300.150.5,5.8
BA1: 200.150.6.9
BA2: 200.100.5,5.8
BA3: 400.200.7.11
KC: 588.300.12.20

Nama Mahasiswa

Santi Nuraini

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

DENAH BALOK DAN
KOLOM LANTAI 1-11

Skala

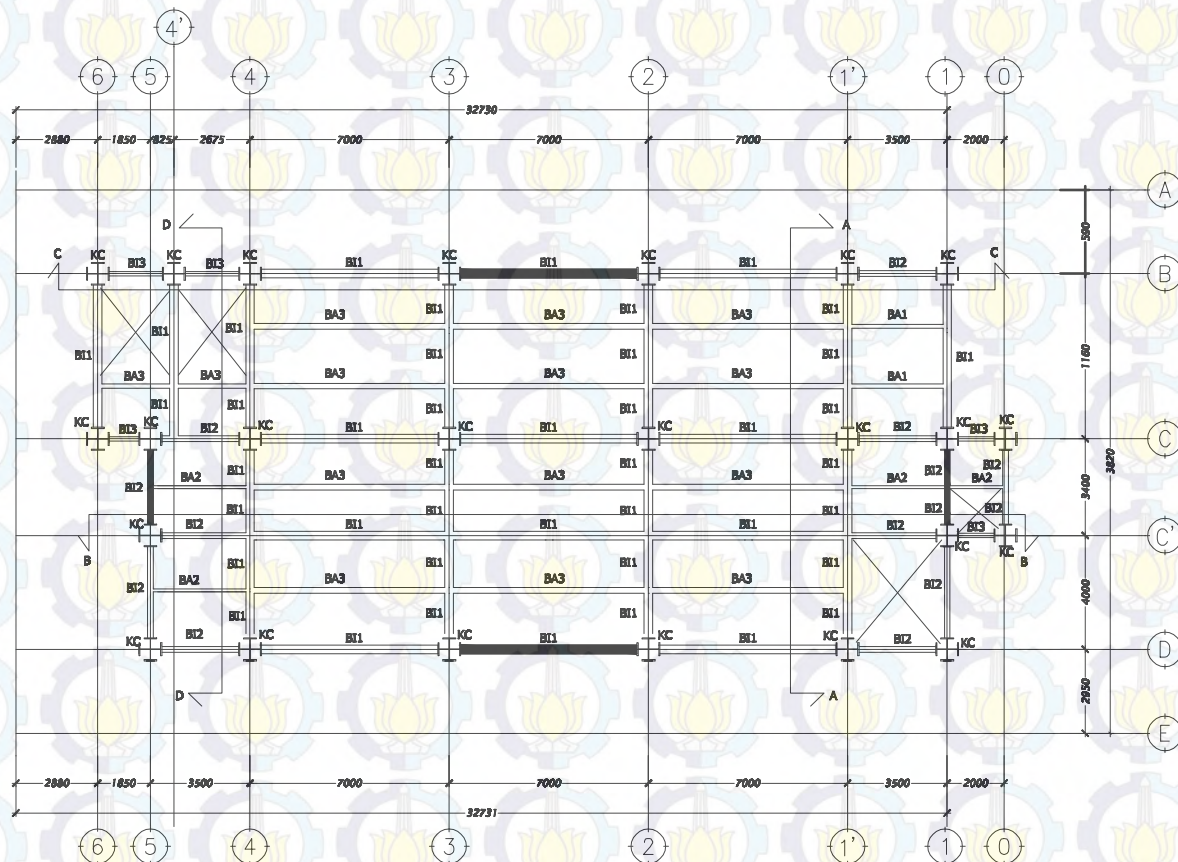
No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 250

4

25



DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI 7-12

SKALA 1 : 250



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
HOTEL FAVE KETINTANG
SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN SISTEM
STRUKTUR *CONCENTRICALLY
BRACED FRAMES* DAN *STEEL
SLIT DAMPER*

Dosen Pembimbing

Endah Wahyuni, S.T.M.Sc.PhD

Keterangan

BI1 : WF 500.300.11.15
BI2 : WF 500.200.10.16
BI3 : 300.150.5,5.8
BA1 : 200.150.6.9
BA2 : 200.100.5,5.8
BA3 : 400.200.7.11
KC : 588.300.12.20

Nama Mahasiswa

Santi Nuraini

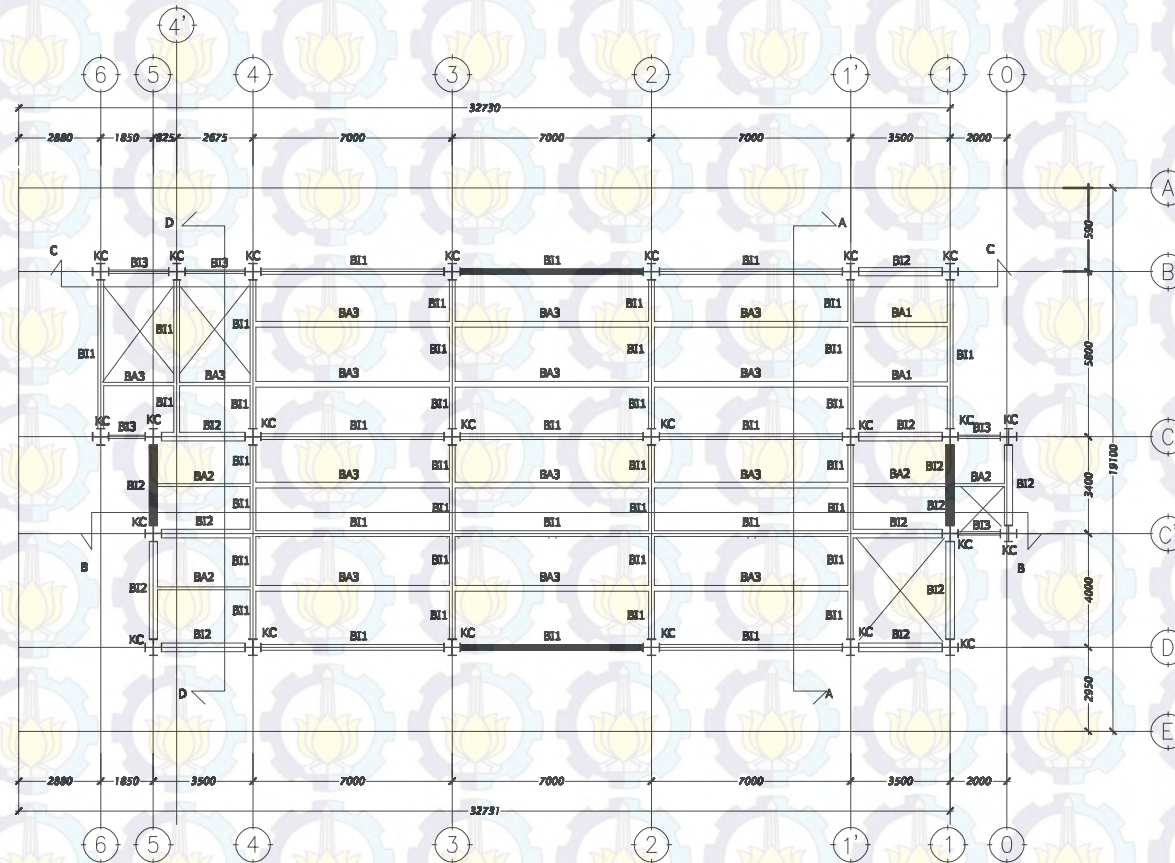
Revisi	Tanggal	Catatan
--------	---------	---------

Nama Gambar

DENAH BALOK DAN
KOLOM LANTAI ATAP

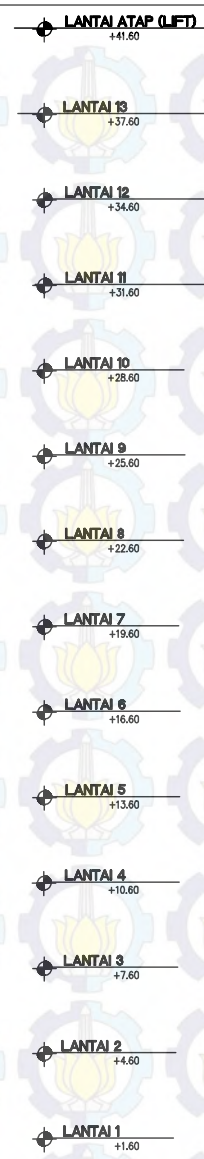
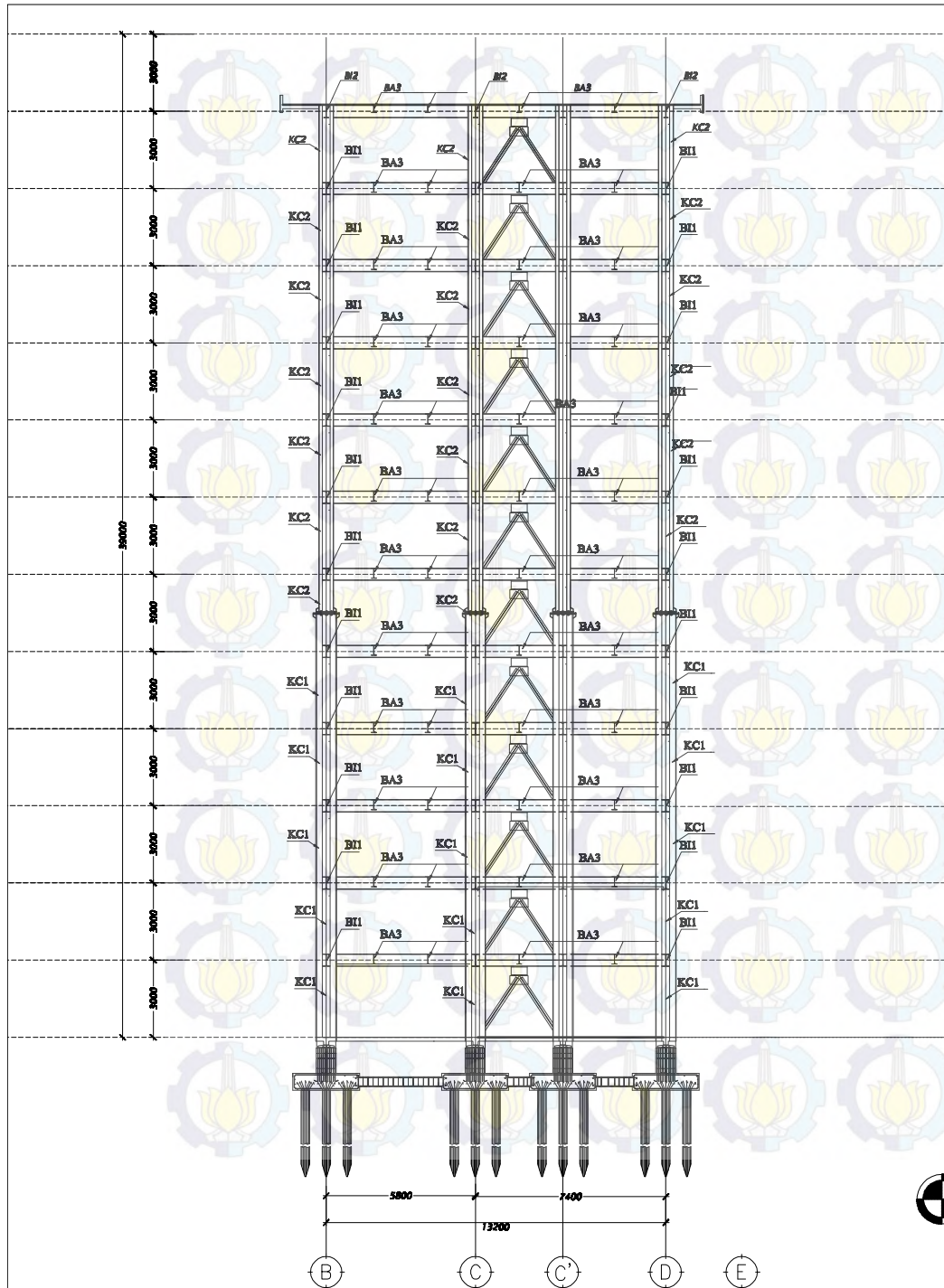
Skala	No Gambar	Jumlah Gambar
-------	-----------	---------------

1 : 250	5	25
---------	---	----



DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI ATAP

SKALA 1 : 250



POTONGAN A-A
SKALA 1 : 250



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Intitut Teknologi Sepuluh Nopember

**MODIFIKASI PERENCANAAN
HOTEL FAVE KETINTANG
SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN SISTEM
STRUKTUR CONCENTRICALLY
BRACED FRAMES DAN STEEL
SLIT DAMPER**

Dosen Pembimbing

Endah Wahyuni, S.T,M.Sc.PhD

Keterangan

BI1 : WF 500.300.11.15
BI2 : WF 500.200.10.16
BI3 : 300.150.5,5.8
BA1 : 200.150.6.9
BA2 : 200.100.5,5.8
BA3 : 400.200.7.11
KC : 800.450.16.38

Nama Mahasiswa

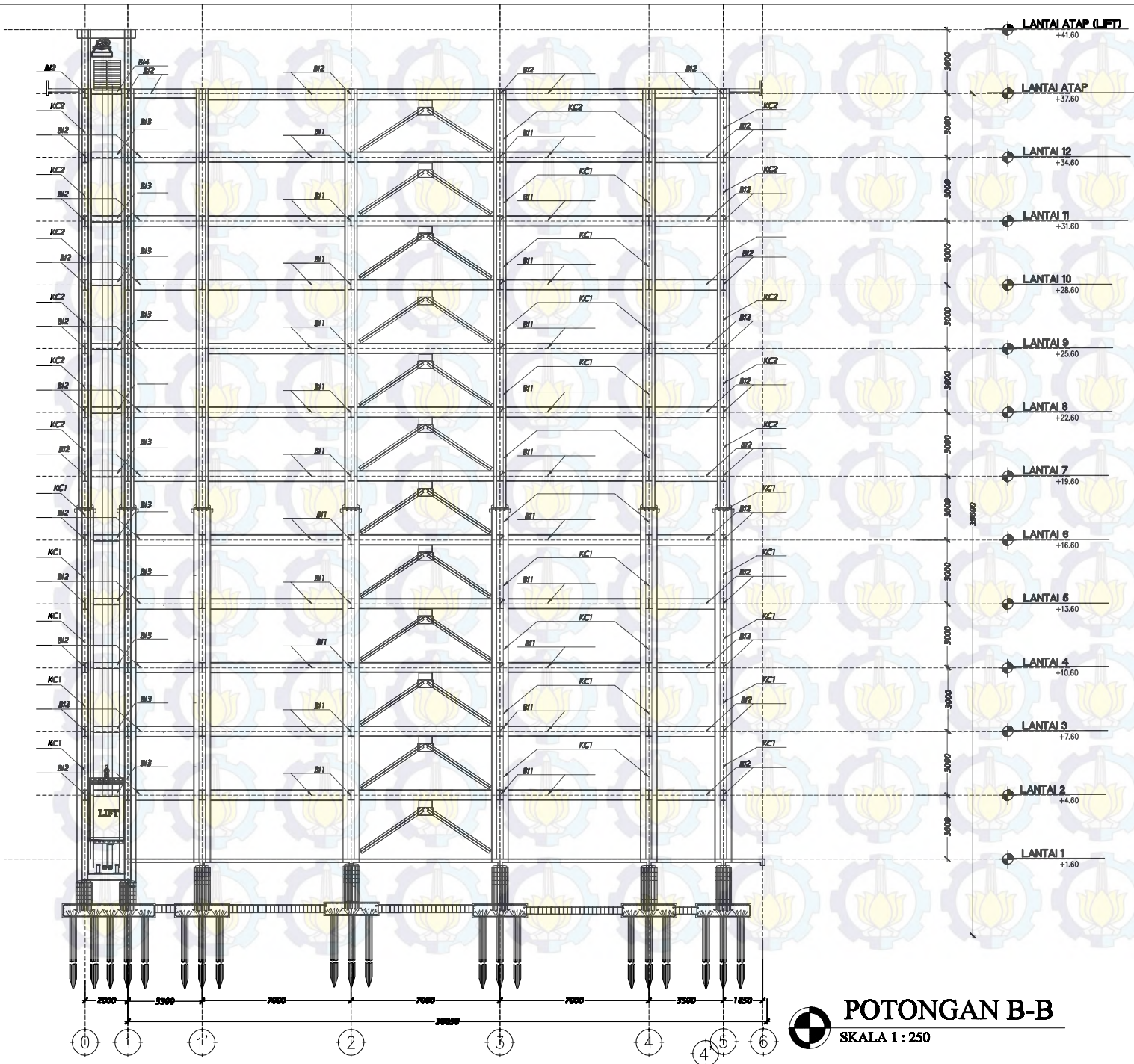
Santi Nuraini

Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

**DENAH BALOK DAN
KOLOM LANTAI 1-11**

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar
1 : 250	6	25



POTONGAN B-B
SKALA 1 : 250



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

**MODIFIKASI PERENCANAAN
HOTEL FAVE KETINTANG
SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN SISTEM
STRUKTUR CONCENTRICALLY
BRACED FRAMES DAN STEEL
SLIT DAMPER**

Dosen Pembimbing

Endah Wahyuni, S.T,M.Sc.PhD

Keterangan

BI1: WF 500.300.11.15
BI2 : WF 500.200.10.16
BI3 : 300.150.5,5.8
BI4 : 250.125.6.9
KC1 : 800.450.16.38
KC2 : 588.300.12.20

Nama Mahasiswa

Santi Nuraini

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

POTONGAN A - A

Skala

No
Gambar

Jumlah
Gambar

1:250

7

25

LANTAI ATAP (LIFT)
+41.60

LANTAI ATAP
+37.60

LANTAI 12
+34.60

LANTAI 11
+31.60

LANTAI 10
+28.60

LANTAI 9
+25.60

LANTAI 8
+22.60

LANTAI 7
+19.60

LANTAI 6
+16.60

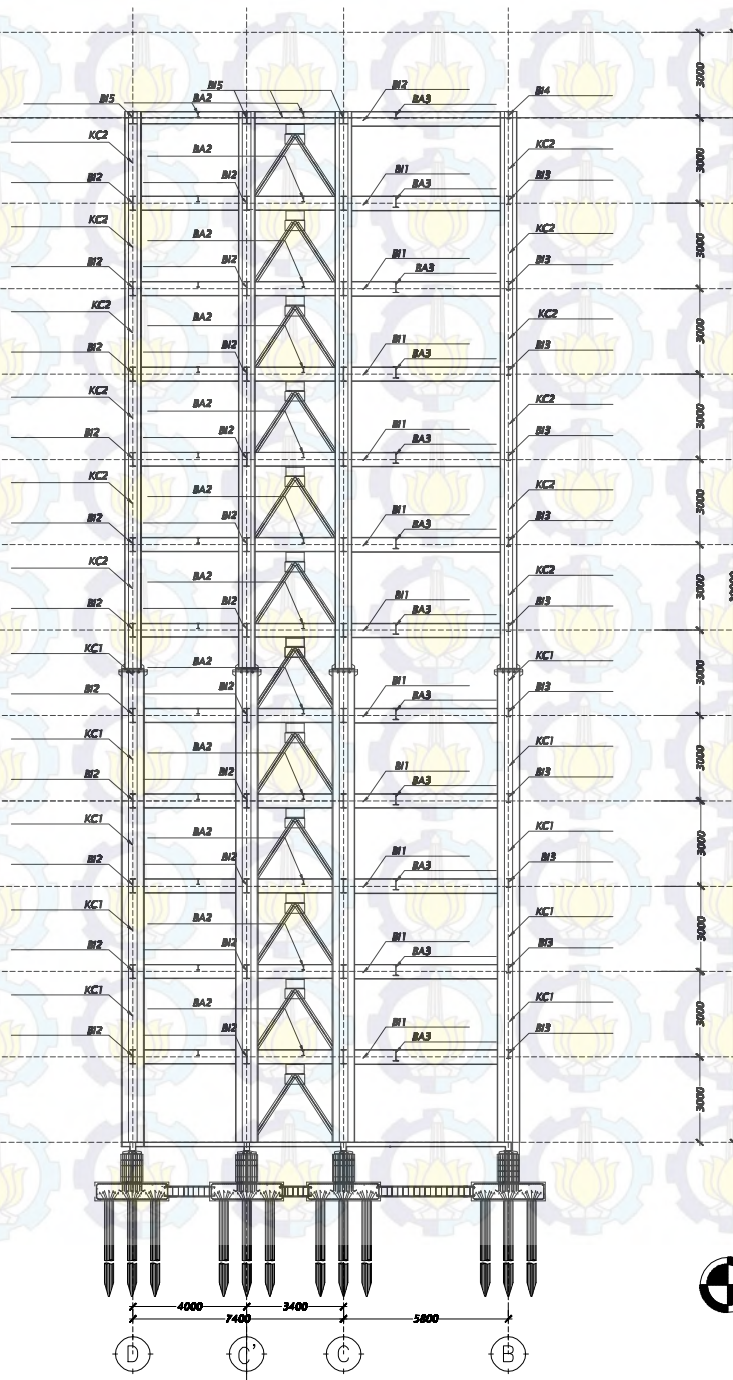
LANTAI 5
+13.60

LANTAI 4
+10.60

LANTAI 3
+7.60

LANTAI 2
+4.60

LANTAI 1
+1.60



POTONGAN D-D
SKALA 1 : 250



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

**MODIFIKASI PERENCANAAN
HOTEL FAVE KETINTANG
SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN SISTEM
STRUKTUR *CONCENTRICALLY
BRACED FRAMES* DAN *STEEL
SLIT DAMPER***

Dosen Pembimbing

Endah Wahyuni, S.T,M.Sc.PhD

Keterangan

BI1: WF 500.300.11.15
BI2 : WF 500.200.10.16
BI3 : 300.150.5,5,8
BI4 : 200.125.6.9
BI5 : 450.300.10.15
BA2 : 200.100.5,5,8
BA3 : 400.200.7.11
KC1 : 800.450.16.38
KC2 : 588.300.12.20

Nama Mahasiswa

Santi Nuraini

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

POTONGAN D - D

Skala

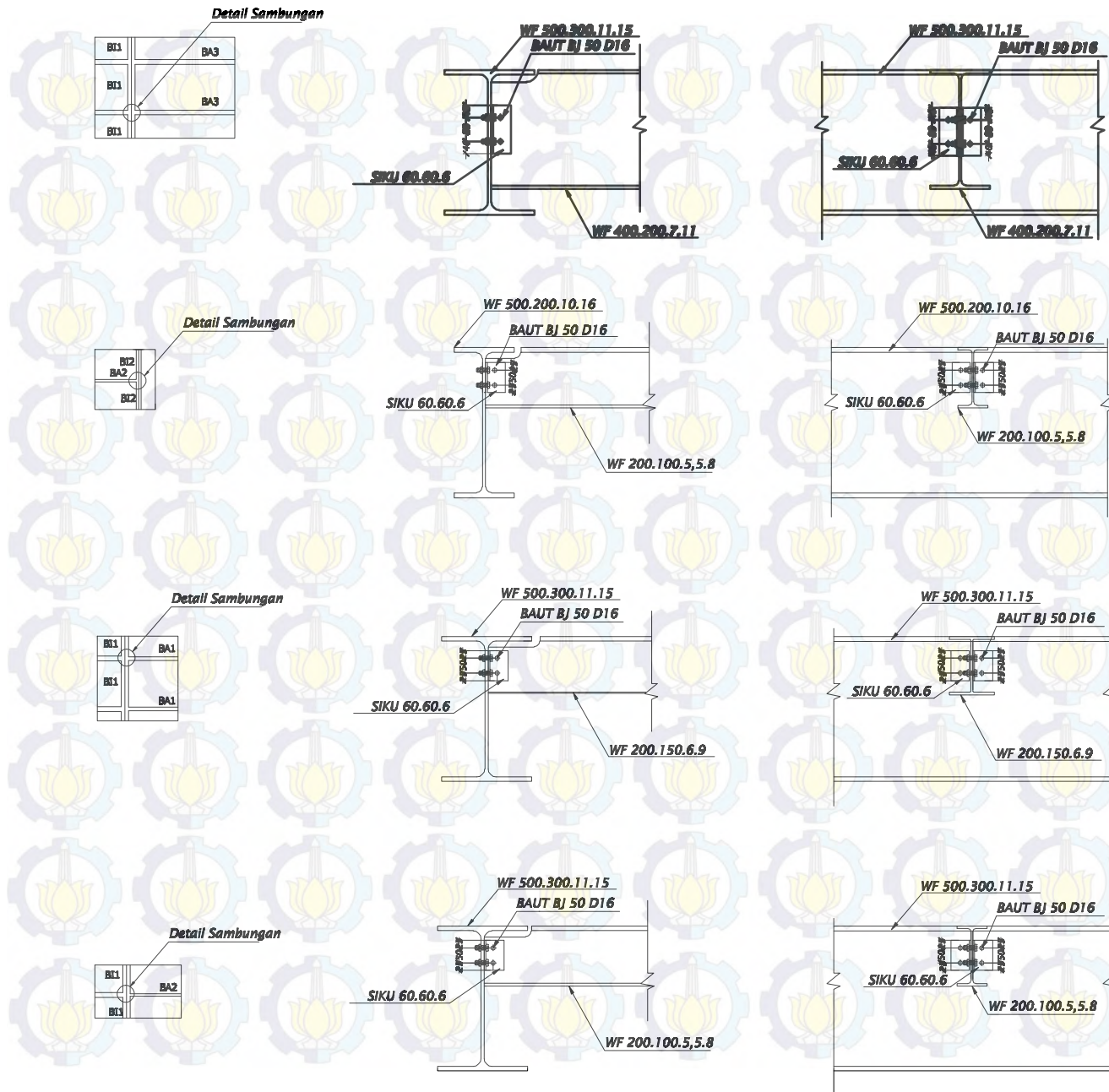
No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 250

9

25



SAMBUNGAN BALOK INDUK DAN BALOK ANAK LANTAI SKALA 1 : 20



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
HOTEL FAVE KETINTANG
SURABAYA DENGAN
MENGGUNAKAN SISTEM
STRUKTUR *CONCENTRICALLY
BRACED FRAMES DAN STEEL
SLIT DAMPER*

Dosen Pembimbing

Endah Wahyuni, S.T.M.Sc.PhD

Keterangan

Nama Mahasiswa

Santi Nuraini

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

SAMBUNGAN BALOK INDUK
DAN BALOK ANAK LANTAI

Skala

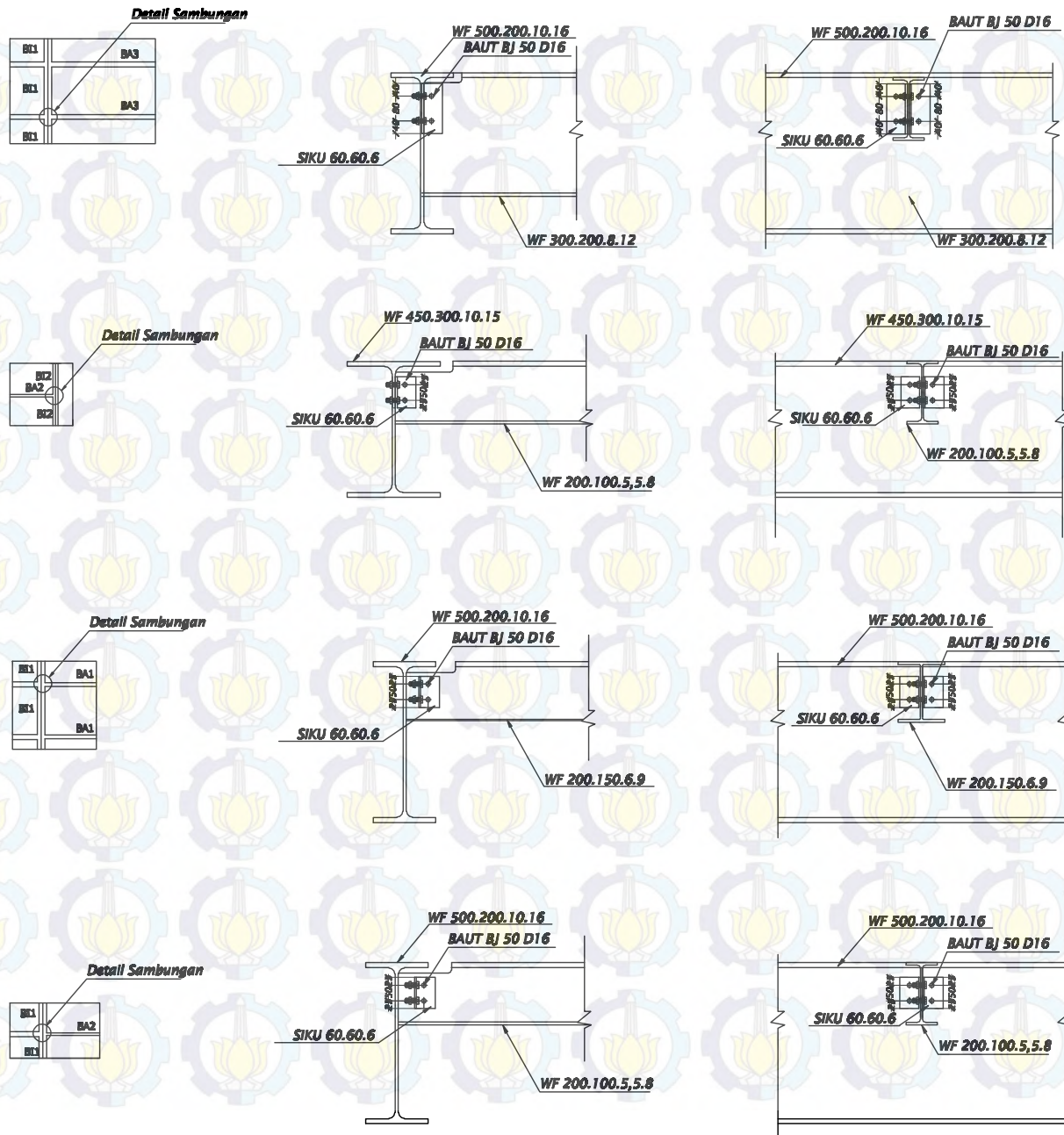
No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 20

10

25



SAMBUNGAN BALOK INDUK DAN BALOK ANAK ATAP SKALA 1 : 20



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Intitut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
HOTEL FAVE KETINTANG
SURABAYA DENGAN
MENGGUNAKAN SISTEM
STRUKTUR *CONCENTRICALLY
BRACED FRAMES DAN STEEL
SLIT DAMPER*

Dosen Pembimbing

Endah Wahyuni, S.T,M.Sc.PhD

Keterangan

Nama Mahasiswa

Santi Nuraini

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

SAMBUNGAN BALOK INDUK
DAN BALOK ANAK ATAP

Skala

No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 20

11

25



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
HOTEL FAVE KETINTANG
SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN SISTEM
STRUKTUR *CONCENTRICALLY
BRACED FRAMES DAN STEEL
SLIT DAMPER*

Dosen Pembimbing

Endah Wahyuni, S.T,M.Sc.PhD

Keterangan

Nama Mahasiswa

Santi Nuraini

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

SAMBUNGAN KOLOM 800.450.16.38
POTONGAN A-A
POTONGAN B-B

Skala

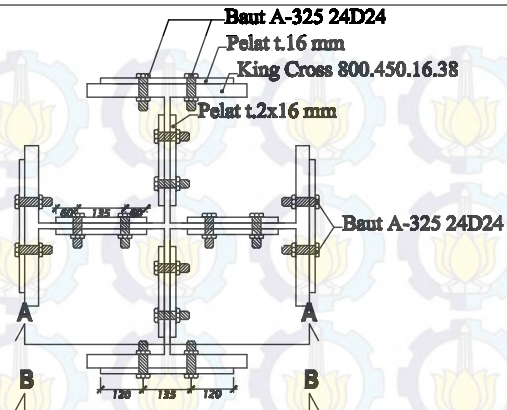
No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 20

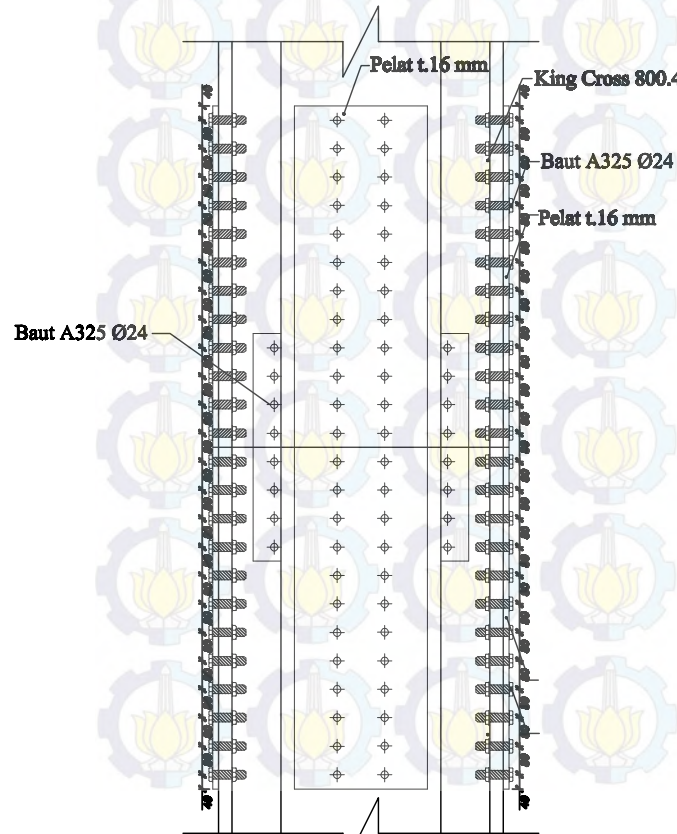
12

25



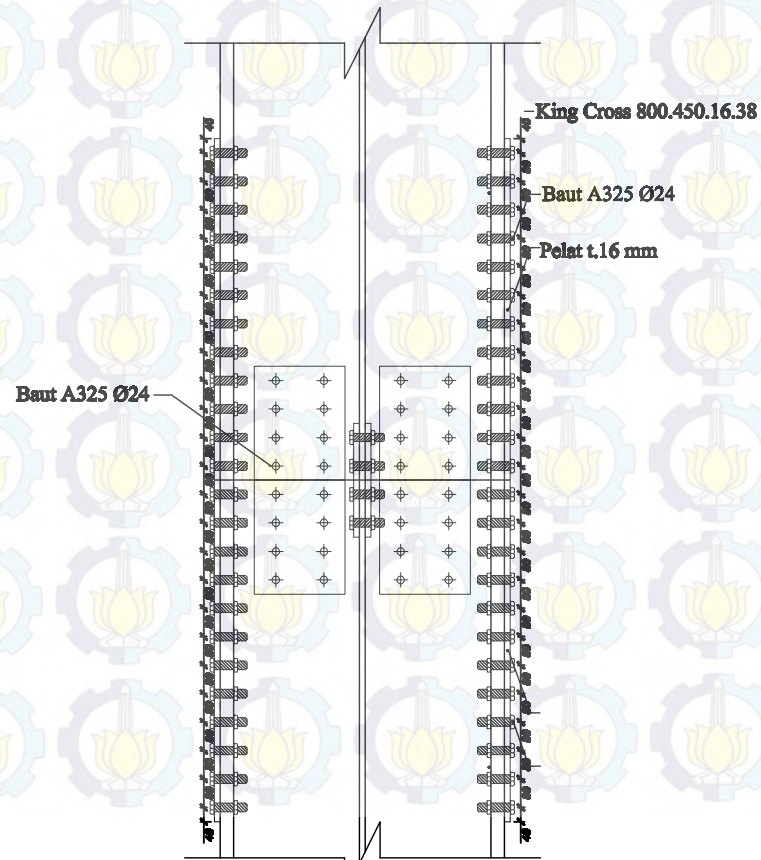
SAMBUNGAN KOLOM 800.450.16.38

SKALA 1 : 20



POTONGAN B-B

SKALA 1 : 20



POTONGAN A-A

SKALA 1 : 20



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
HOTEL FAVE KETINTANG
SURABAYA DENGAN
MENGGUNAKAN SISTEM
STRUKTUR *CONCENTRICALLY
BRACED FRAMES DAN STEEL
SLIT DAMPER*

Dosen Pembimbing

Endah Wahyuni, S.T,M.Sc.PhD

Keterangan

Nama Mahasiswa

Santi Nuraini

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

SAMBUNGAN KOLOM 588.300.12.20
POTONGAN A-A
POTONGAN B-B

Skala

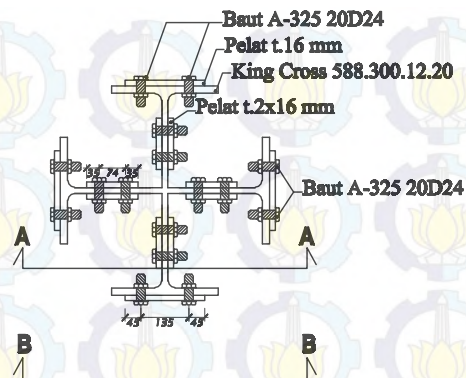
No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 20

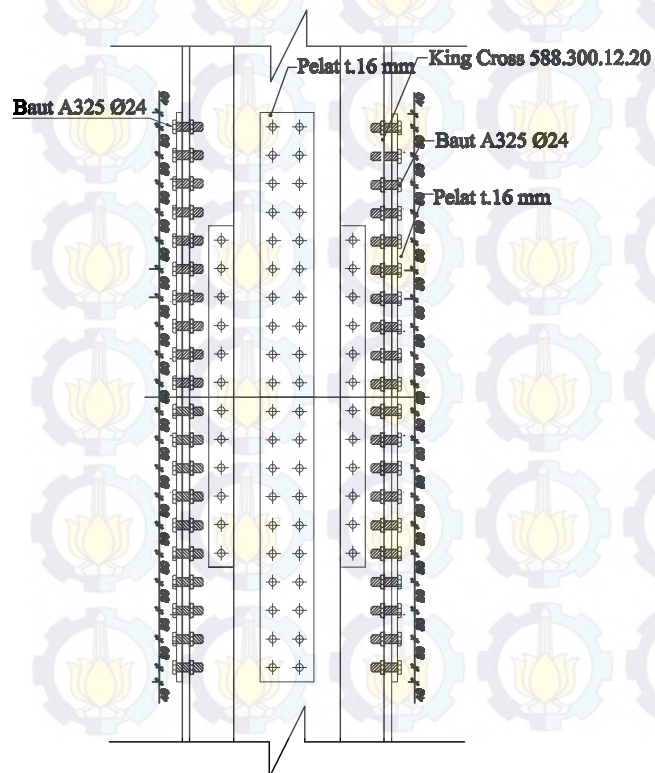
13

25



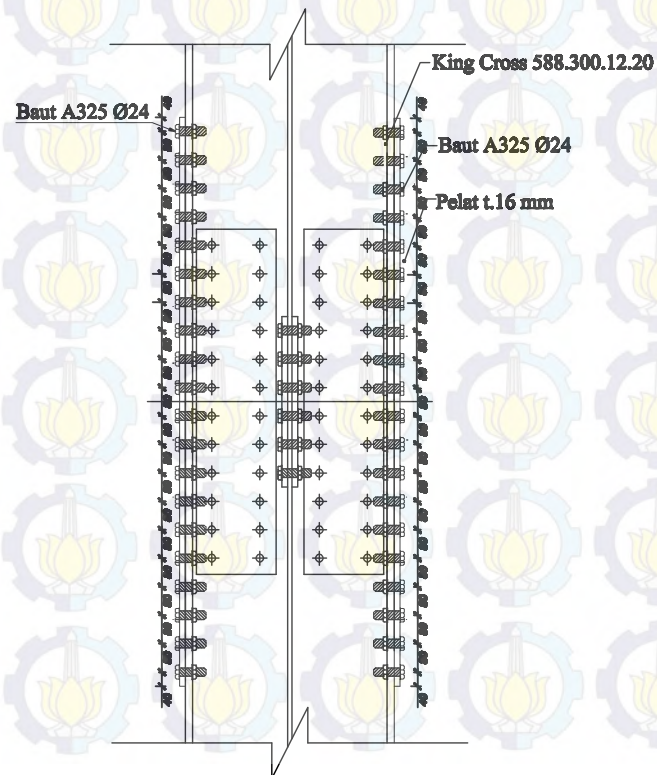
SAMBUNGAN KOLOM 588.300.12.20

SKALA 1 : 20



POTONGAN B-B

SKALA 1 : 20



POTONGAN A-A

SKALA 1 : 20



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
HOTEL FAVE KETINTANG
SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN SISTEM
STRUKTUR *CONCENTRICALLY
BRACED FRAMES DAN STEEL
SLIT DAMPER*

Dosen Pembimbing

Endah Wahyuni, S.T,M.Sc.PhD

Keterangan

Nama Mahasiswa

Santi Nuraini

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

SAMBUNGAN KOLOM 588.300.12.20
DAN KOLOM 800.450.16.38

Skala

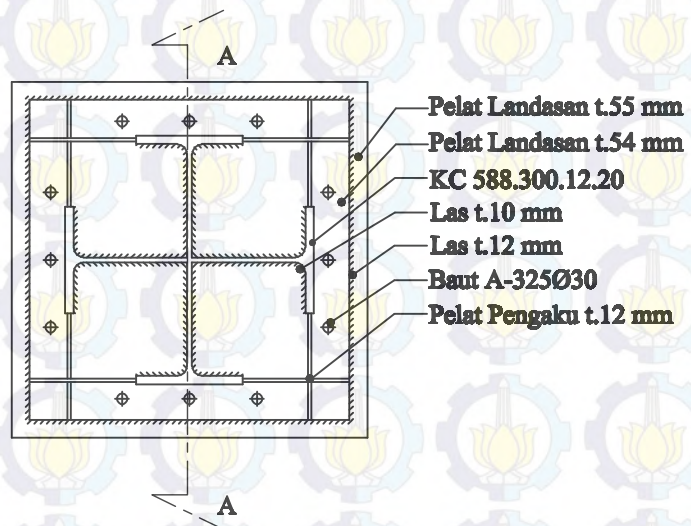
No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 20

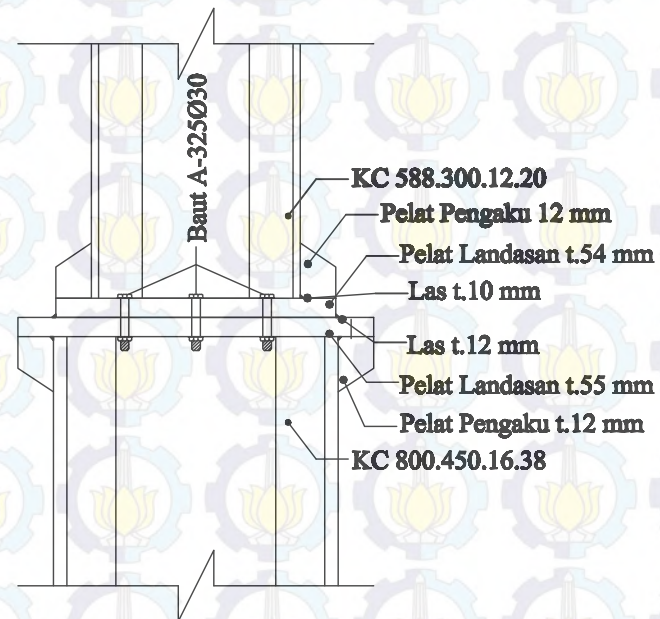
14

25



SAMBUNGAN KOLOM

SKALA 1 : 20



POTONGAN A-A

SKALA 1 : 20



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
HOTEL FAVE KETINTANG
SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN SISTEM
STRUKTUR *CONCENTRICALLY
BRACED FRAMES* DAN *STEEL
SLIT DAMPER*

Dosen Pembimbing

Endah Wahyuni, S.T,M.Sc.PhD

Keterangan

Nama Mahasiswa

Santi Nuraini

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

SAMBUNGAN BALOK INDUK LANTAI DENGAN KOLOM

Skala

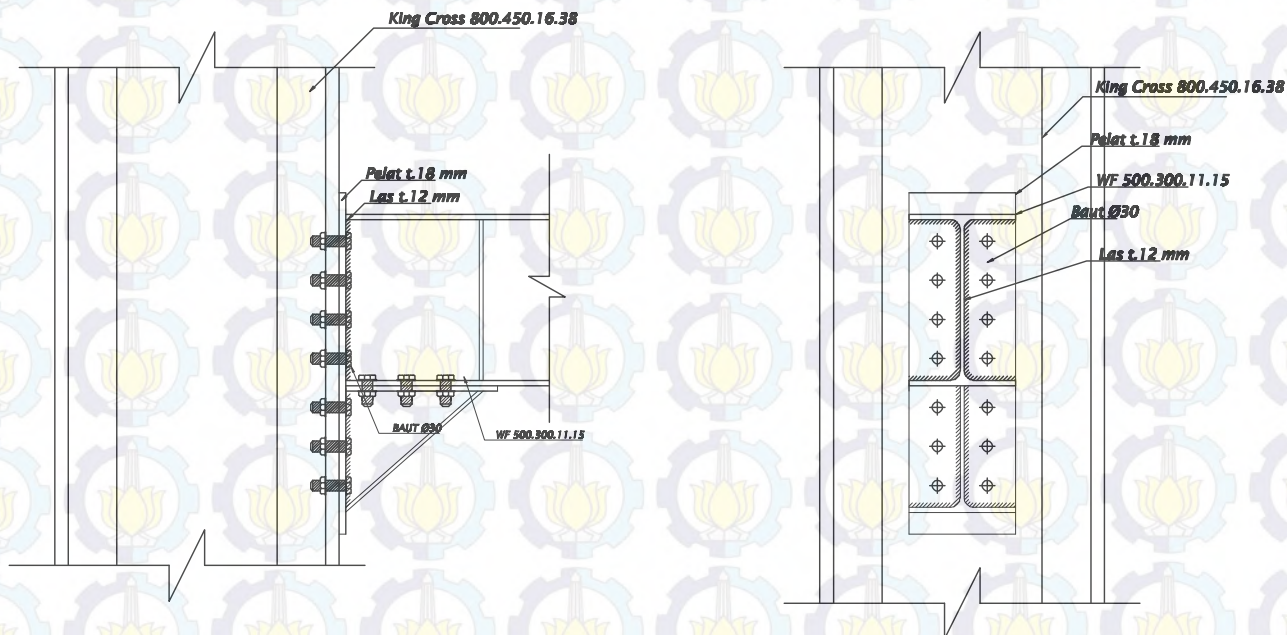
No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 20

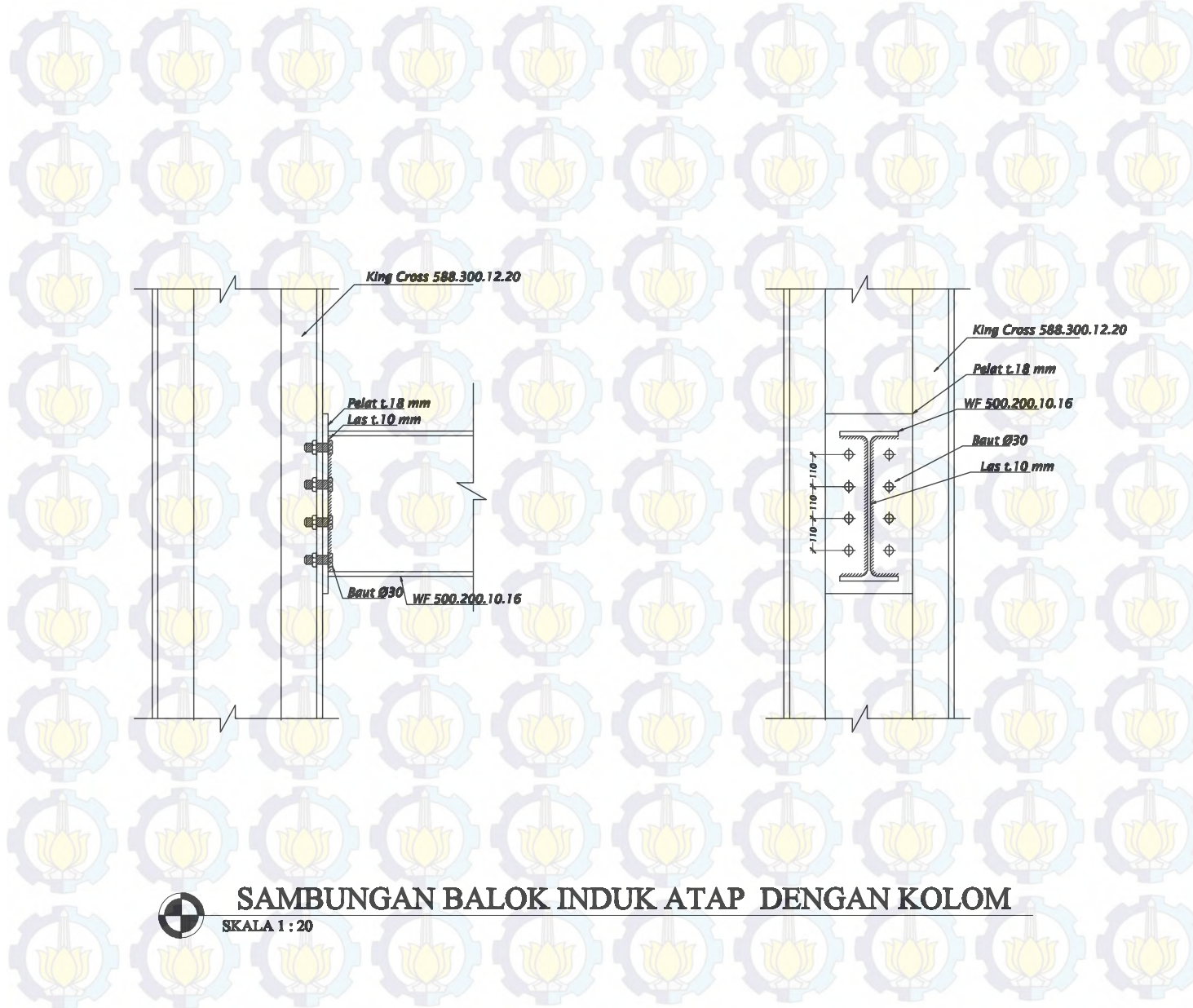
15

25



SAMBUNGAN BALOK INDUK LANTAI DENGAN KOLOM

SKALA 1 : 20



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
HOTEL FAVE KETINTANG
SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN SISTEM
STRUKTUR *CONCENTRICALLY
BRACED FRAMES DAN STEEL
SLIT DAMPER*

Dosen Pembimbing

Endah Wahyuni, S.T.M.Sc.PhD

Keterangan

Nama Mahasiswa

Santi Nuraini

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

SAMBUNGAN BALOK INDUK
ATAP DENGAN KOLOM

Skala

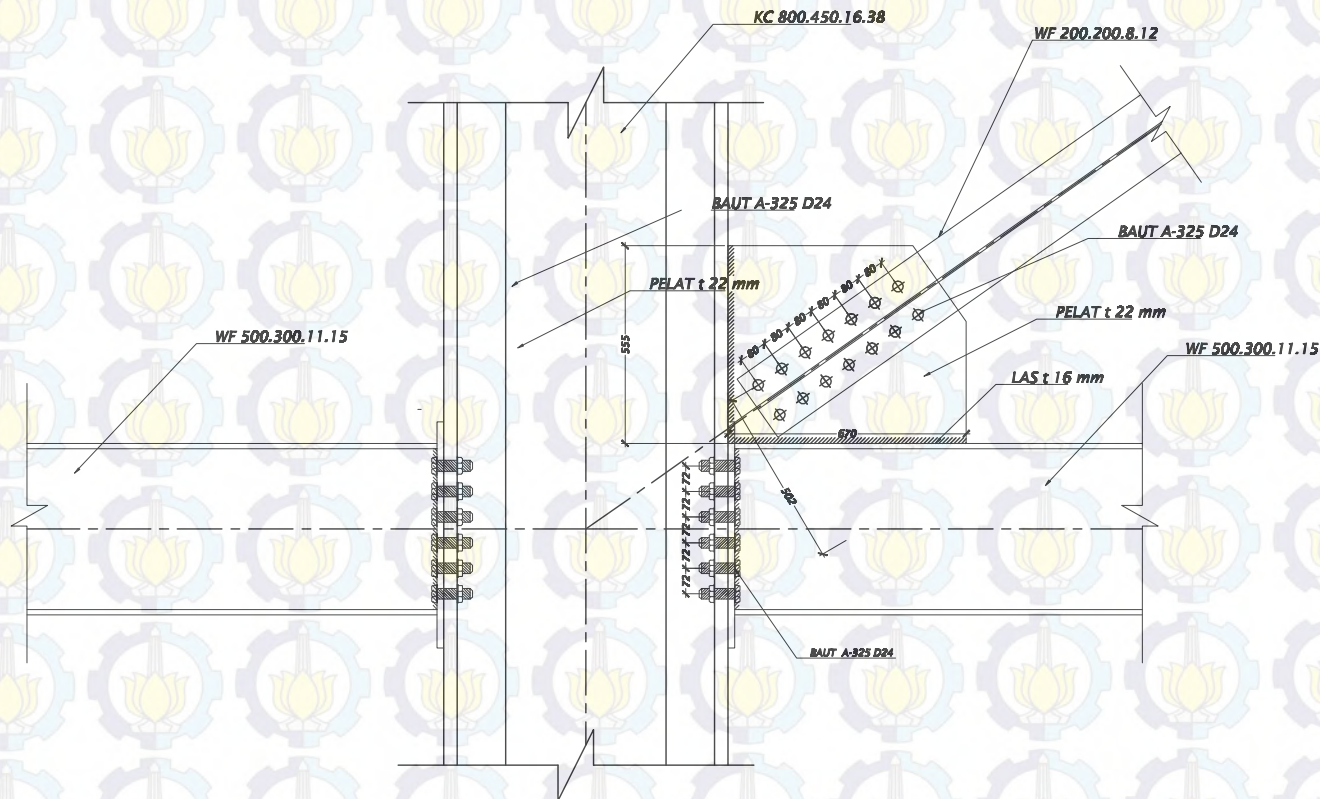
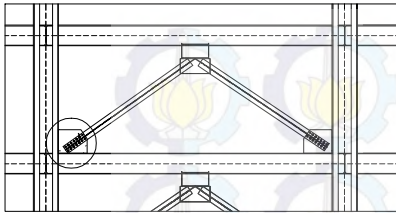
No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 20

16

25



SAMBUNGAN BATANG BRESING DENGAN KOLOM

SKALA 1 : 20



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
HOTEL FAVE KETINTANG
SURABAYA DENGAN
MENGGUNAKAN SISTEM
STRUKTUR *CONCENTRICALLY
BRACED FRAMES* DAN *STEEL
SLIT DAMPER*

Dosen Pembimbing

Endah Wahyuni, S.T,M.Sc.PhD

Keterangan

Nama Mahasiswa

Santi Nuraini

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

SAMBUNGAN BATANG BRESING
DENGAN KOLOM

Skala

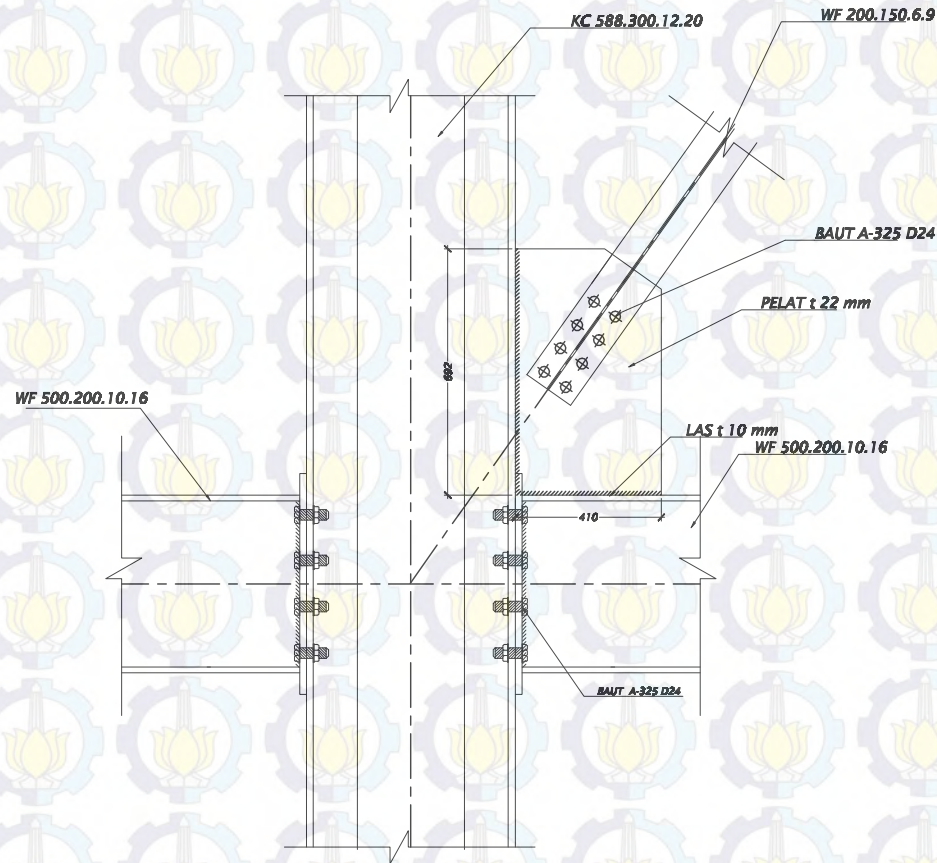
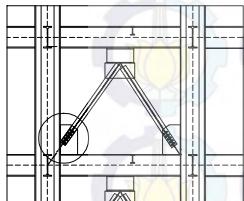
No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 20

17

25



SAMBUNGAN BATANG BRESING DENGAN KOLOM

SKALA 1 : 20



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
HOTEL FAVE KETINTANG
SURABAYA DENGAN
MENGGUNAKAN SISTEM
STRUKTUR *CONCENTRICALLY
BRACED FRAMES DAN STEEL
SLIT DAMPER*

Dosen Pembimbing

Endah Wahyuni, S.T,M.Sc.PhD

Keterangan

Nama Mahasiswa

Santi Nuraini

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

SAMBUNGAN BATANG BRESING
DENGAN KOLOM

Skala

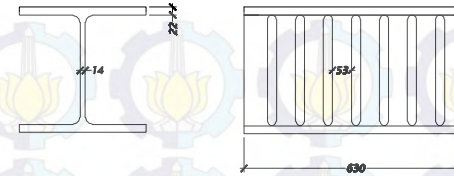
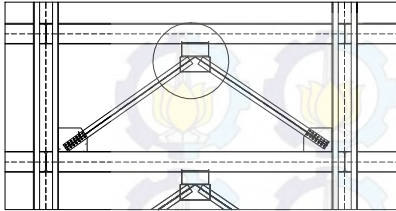
No
Gambar

Jumlah
Gambar

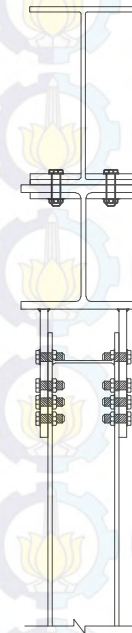
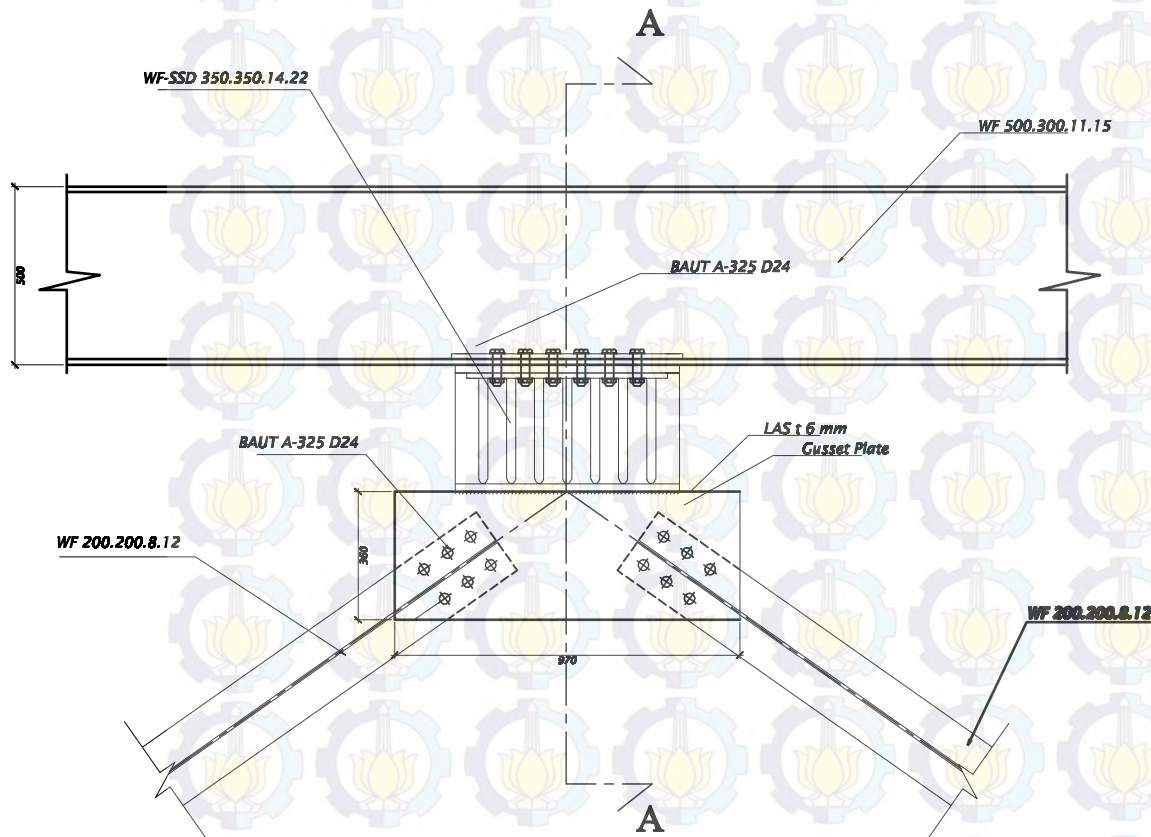
1 : 20

18

25



DETAIL SSD
SKALA 1 : 20



POTONGAN A - A
SKALA 1 : 20

SAMBUNGAN STEEL SLIT DAMPER DENGAN BALOK DAN BRESING
SKALA 1 : 20



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
HOTEL FAVE KETINTANG
SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN SISTEM
STRUKTUR *CONCENTRICALLY
BRACED FRAMES* DAN *STEEL
SLIT DAMPER*

Dosen Pembimbing

Endah Wahyuni, S.T.M.Sc.PhD

Keterangan

Nama Mahasiswa

Santi Nuraini

Revisi Tanggal Catatan

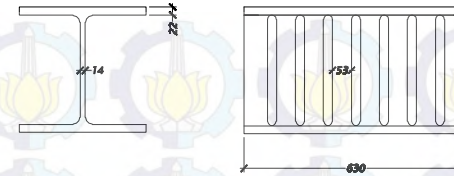
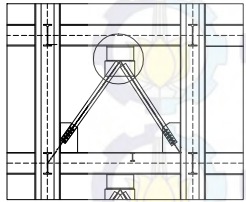
Nama Gambar

SAMBUNGAN SSD DENGAN
BALOK DAN BRESING

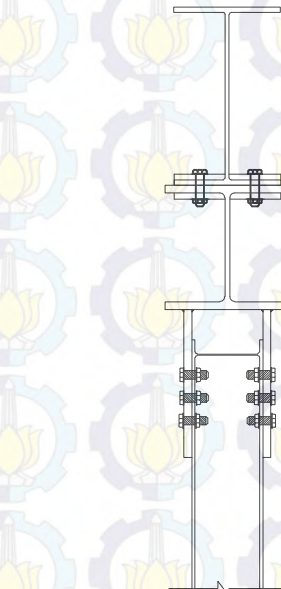
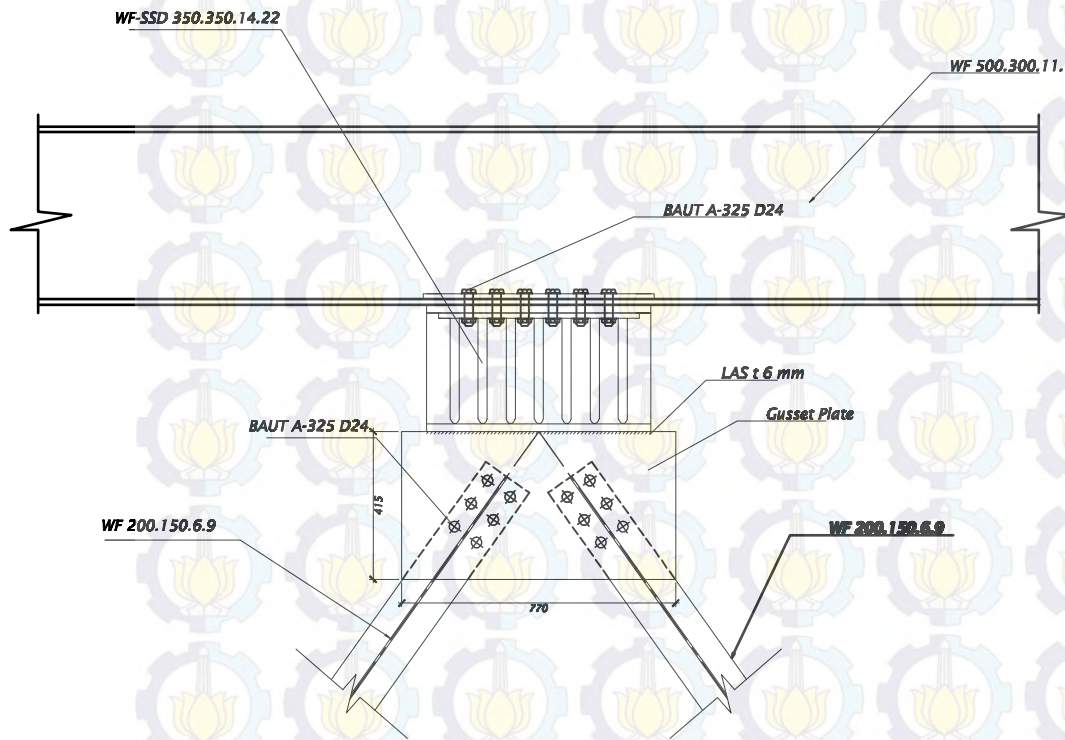
POTONGAN A - A

Skala No Gambar Jumlah Gambar

1 : 20 19 25



DETAIL SSD
SKALA 1 : 20



POTONGAN A - A
SKALA 1 : 20



SAMBUNGAN STEEL SLIT DAMPER DENGAN BALOK DAN BRESING

SKALA 1 : 20



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
HOTEL FAVE KETINTANG
SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN SISTEM
STRUKTUR *CONCENTRICALLY
BRACED FRAMES* DAN *STEEL
SLIT DAMPER*

Dosen Pembimbing

Endah Wahyuni, S.T.M.Sc.PhD

Keterangan

Nama Mahasiswa

Santi Nuraini

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

SAMBUNGAN SSD DENGAN
BALOK DAN BRESING

POTONGAN A - A

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar
1 : 20	20	25



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
HOTEL FAVE KETINTANG
SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN SISTEM
STRUKTUR *CONCENTRICALLY
BRACED FRAMES* DAN *STEEL
SLIT DAMPER*

Dosen Pembimbing

Endah Wahyuni, S.T,M.Sc.PhD

Keterangan

Nama Mahasiswa

Santi Nuraini

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

DENAH TANGGA
POTONGAN A-A

Skala

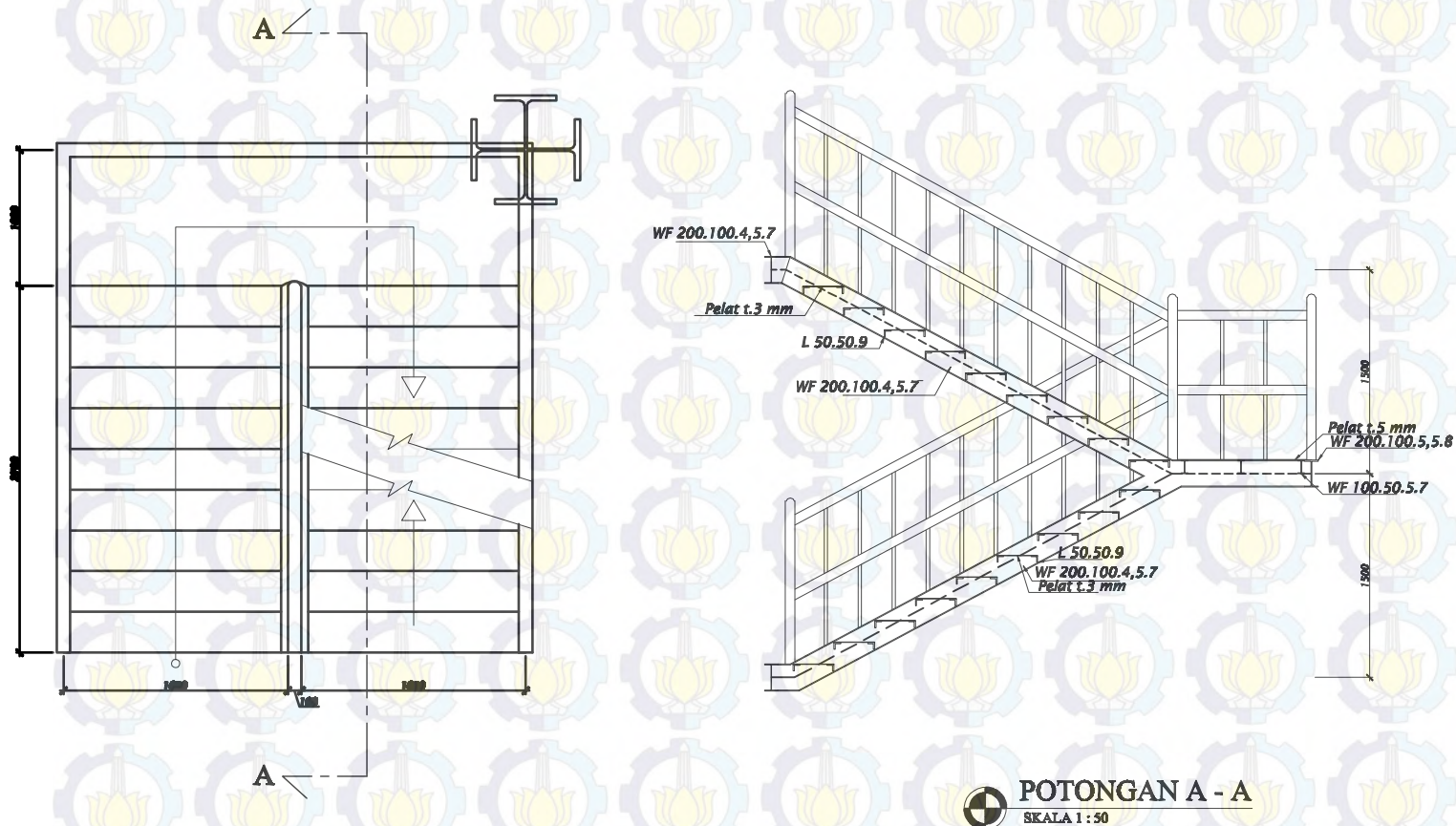
No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 20

21

25



 **DENAH TANGGA**
SKALA 1 : 50



POTONGAN A - A
SKALA 1 : 50



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
HOTEL FAVE KETINTANG
SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN SISTEM
STRUKTUR *CONCENTRICALLY
BRACED FRAMES* DAN *STEEL
SLIT DAMPER*

Dosen Pembimbing

Endah Wahyuni, S.T.M.Sc.PhD

Keterangan

Nama Mahasiswa

Santi Nuraini

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

POTONGAN D - D

Skala

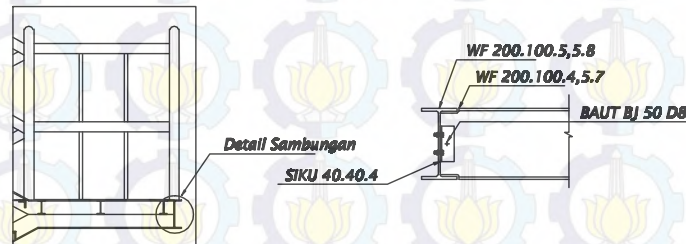
No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 20

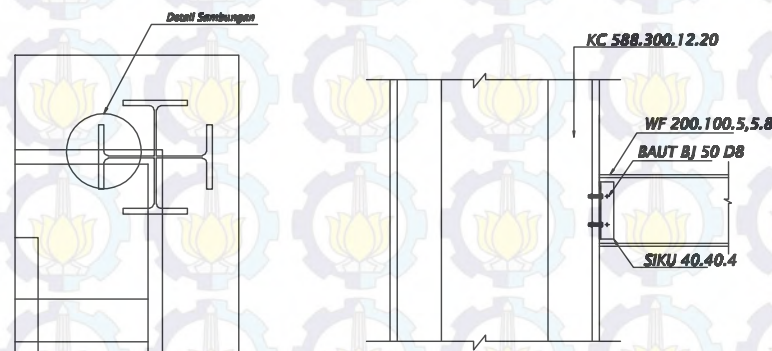
22

25



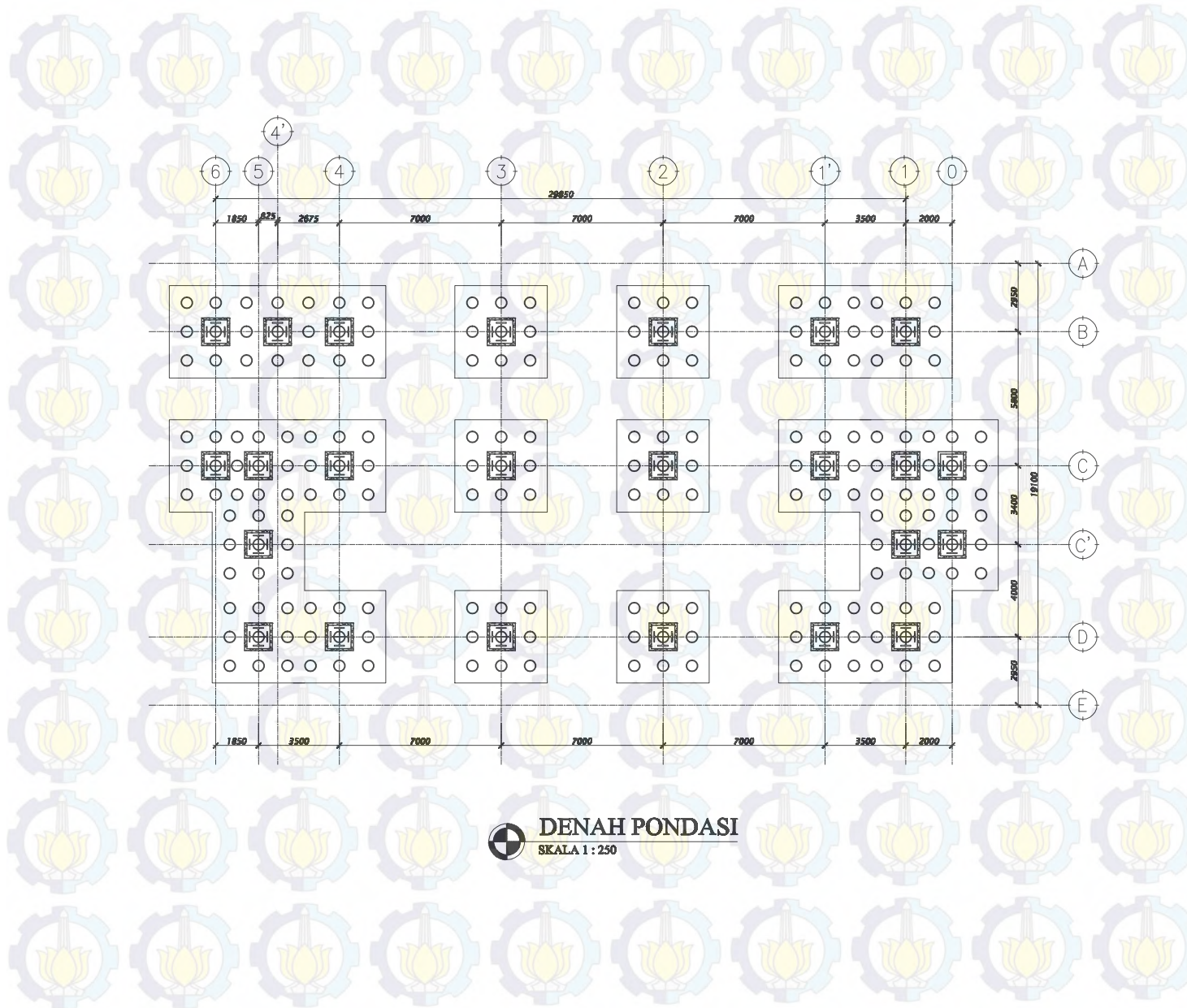
SAMBUNGAN BALOK UTAMA TANGGA DENGAN BALOK PENUMPU TANGGA

SKALA 1 : 20



SAMBUNGAN BALOK PENUMPU TANGGA DENGAN KOLOM

SKALA 1 : 20



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

**MODIFIKASI PERENCANAAN
HOTEL FAVE KETINTANG
SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN SISTEM
STRUKTUR *CONCENTRICALLY
BRACED FRAMES* DAN *STEEL
SLIT DAMPER***

Dosen Pembimbing

Endah Wahyuni, S.T,M.Sc.PhD

Keterangan

Nama Mahasiswa

Santi Nuraini

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

DENAH PONDASI

Skala

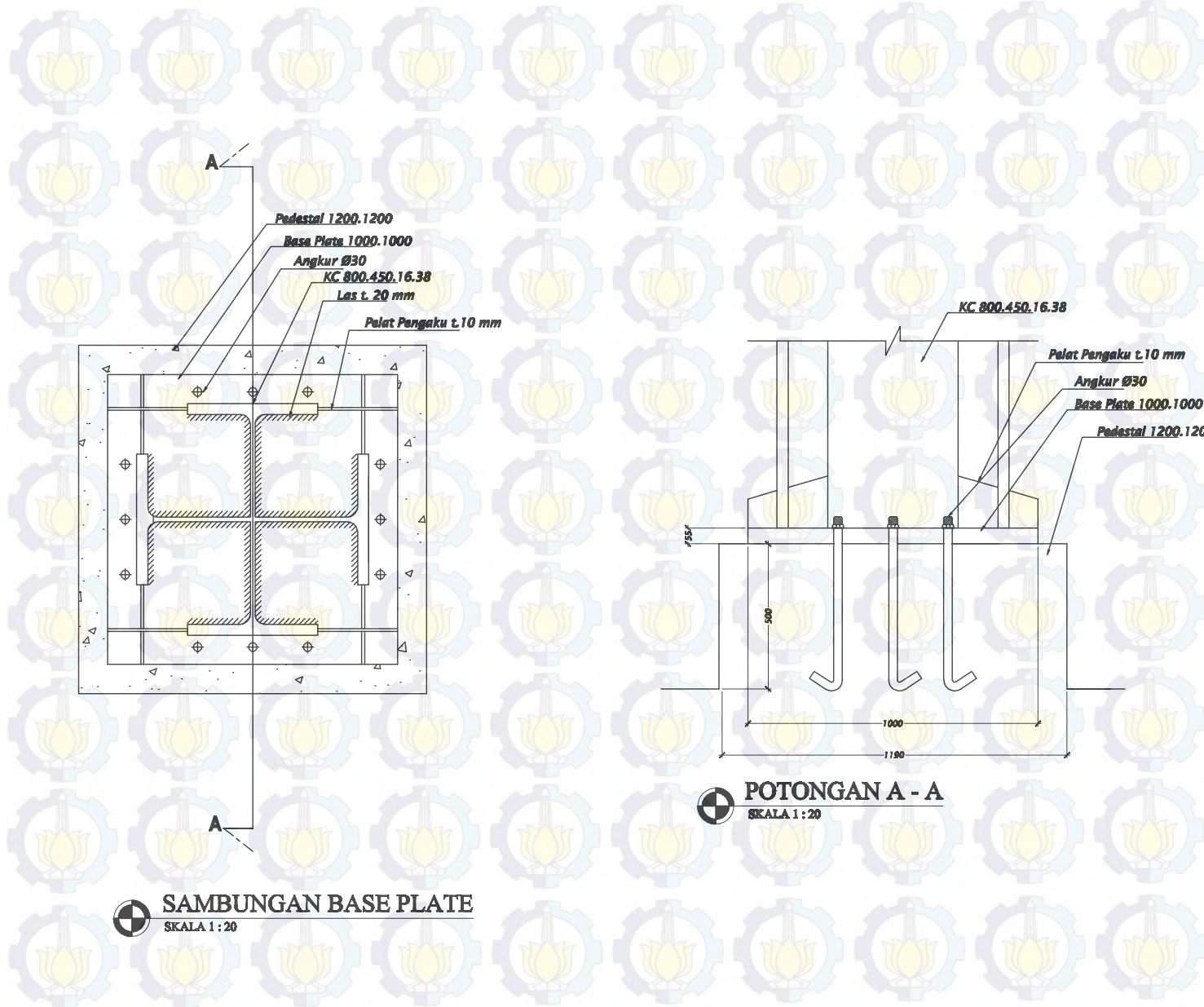
No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 250

23

25



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Intitut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
HOTEL FAVE KETINTANG
SURABAYA DENGAN
MENGGUNAKAN SISTEM
STRUKTUR CONCENTRICALLY
BRACED FRAMES DAN STEEL
SLIT DAMPER

Dosen Pembimbing

Endah Wahyuni, S.T,M.Sc.PhD

Keterangan

Nama Mahasiswa

Santi Nuraini

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

SAMBUNGAN BASE PLATE
POTONGAN A-A

Skala

No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 20

24

25



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
HOTEL FAVE KETINTANG
SURABAYA DENGAN
MENGGUNAKAN SISTEM
STRUKTUR *CONCENTRICALLY
BRACED FRAMES* DAN *STEEL
SLIT DAMPER*

Dosen Pembimbing

Endah Wahyuni, S.T,M.Sc.PhD

Keterangan

Nama Mahasiswa

Santi Nuraini

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

DETAIL PONDASI
POTONGAN A-A

Skala

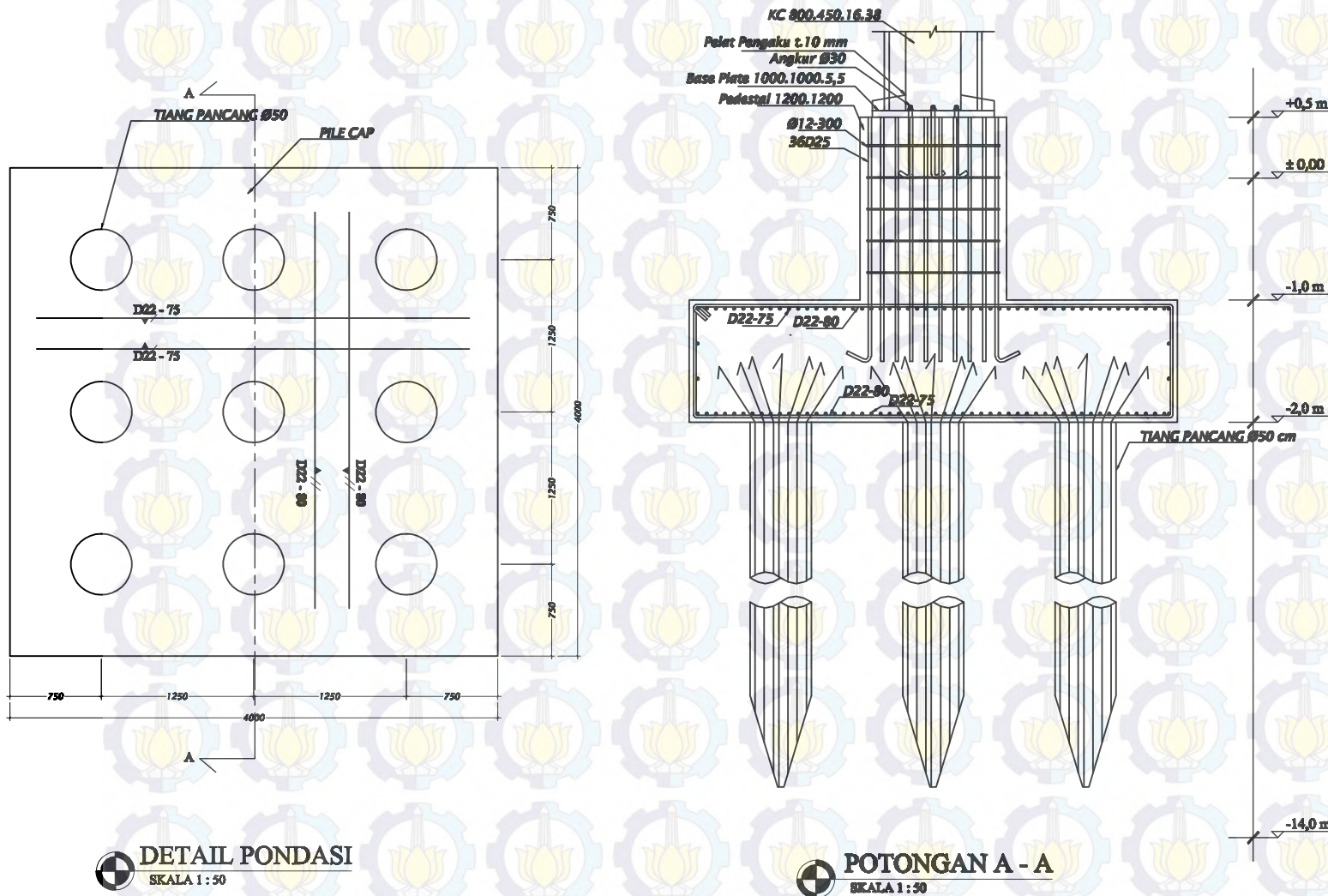
No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 20

25

25

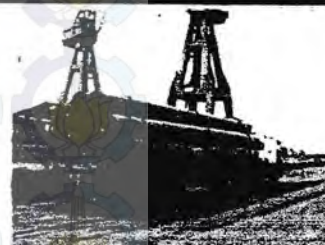


PC SPUN PILES



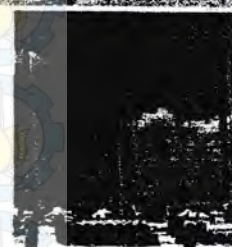
Description

Type of piles	: Prestressed Concrete Spun Piles
Splice system	: Welded at steel joint plate
Type of shoe	: Pencil (Standard Product) Mamira (Special Design)
Method of Driving	: Diesel or Hydraulic Hammer



Design and Manufacturing References

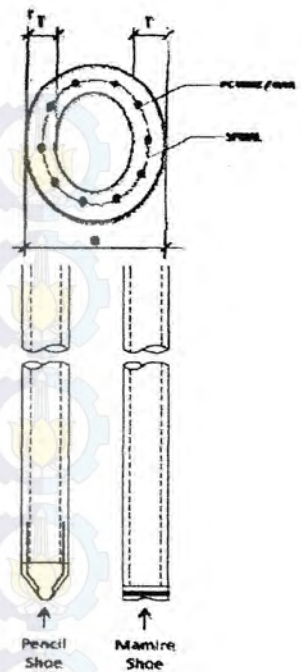
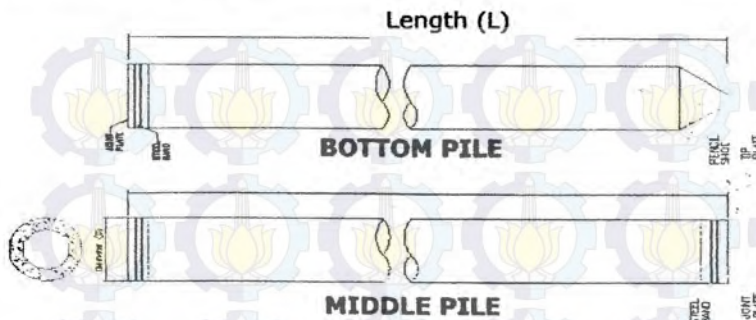
Design	JIS A 5335 - 1987 ACI 543R - 00 SNI 03-2847-2002	Prestressed Concrete Spun Piles Design, Manufactured and Installation of Concrete Piles Indonesian Concrete Code
Manufacturing	JIS A 5335 - 1987 WIKABETON-09-IK-005	Prestressed Concrete Spun Piles Piles Manufacturing Work Instruction



Specification of Material

Item	Reference	Description	Specification
Agregate	ASTM C33 - 1999 NI 2 PBI - 1971	Standard Specification for Concrete Aggregates Indonesian Concrete Code	
Cement	SNI 15-2049-2004	Portland Cement	Standard product: type I Special order: Type II or V
Admixture	ASTM C494 - 1985	Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete	Type F: Water reducing admixtures
Concrete	SNI 03-2847-2002	Indonesian Concrete Code	Compressive strength at: 28 days : 600 kgf/cm ² (cube)
PC Wire	JIS G 3536 - 1999	Uncoated Stress-Relieved Steel Wire and Strand for Prestressed Concrete	SWPD 1
PC-Bar	JIS G 3137 - 1994	Small Size Deformed Steel Bars for Prestressed Concrete	SBPDL 1275/1420
Spiral Wire	JIS G 3532 - 2000	Low Carbon Steel Wire	SWMA / SWMP
Joint Plate	JIS G 3101 - 2004	Rolled Steel for General Structure	SS-400
Welding	ANSI / AWS D1.1 - 1990	Structural Welding Code-Steel	AWS A 5.1 / E 6013 NIKKO STEEL RB 26 / RD 260, LION 26, or equivalent

Shape and Dimension



Classification

Outside Diameter D (mm)	Wall Thickness T (mm)	Class	Concrete Cross Section (cm ²)	Unit Weight (kg/m)	Length L (M)	Bending Moment		Allowable Axial Load (Ton)
						Crack (Ton.m)	Ultimate (Ton.m)	
300	60	A2	452	113	6 - 13	2.50	3.75	72.60
		A3				3.00	4.50	70.75
		B				3.50	6.30	67.50
		C				4.00	8.00	65.40
350	65	A1	582	145	6 - 15	3.50	5.25	93.10
		A3				4.20	6.30	89.50
		B				5.00	9.00	86.40
		C				6.00	12.00	85.00
400	75	A2	766	191	6 - 16	5.50	8.25	121.10
		A3				6.50	9.75	117.60
		B				7.50	13.50	114.40
		C				9.00	18.00	111.50
450	80	A1	930	232	6 - 16	7.50	11.25	149.50
		A2				8.50	12.75	145.80
		A3				10.00	15.00	143.80
		B				11.00	19.80	139.10
		C				12.50	25.00	134.90
500	90	A1	1159	290	6 - 16	10.50	15.75	185.30
		A2				12.50	18.75	181.70
		A3				14.00	21.00	178.20
		B				15.00	27.00	174.90
		C				17.00	34.00	169.00
600	100	A1	1571	393	6 - 16	17.00	25.50	252.70
		A2				19.00	28.50	249.00
		A3				22.00	33.00	243.20
		B				25.00	45.00	238.30
		C				29.00	58.00	229.50
800	120	A1	2564	641	6 - 24	40.70	63.60	415.00
		A2				46.20	84.40	406.20
		A3				51.00	97.80	398.20
		B				55.70	108.20	390.80
		C				70.60	129.80	367.60
1000	140	A1	3872	946	6 - 24	75.00	117.90	614.00
		A2				82.30	139.80	604.80
		A3				93.30	170.90	590.60
		B				105.70	199.70	575.00
		C				123.60	229.90	552.90
1200	150	A1	4948	1237	6 - 24	120.00	180.00	802.40
		A2				130.00	195.00	794.00
		A3				145.00	217.50	778.10
		B				170.00	306.00	751.50
		C				200.00	400.00	721.10

Tebal Pelat Base steel thickness	Beral per saluan luas Mass per unit area	Luas penampang Cross section area	Penampang efektif penuh Full effective section		Momen lentur positif Positive bending moment Dek tarik Pan in tension				Momen lentur negatif Negative bending moment Dek-tarikan Pan in compression			le	Gaya reaksi aman untuk perletakan tepi Safe end reaction		Gaya reaksi aman untuk perletakan tengah Safe internal reaction		
			Yc mm	Yt mm	Zpc mm ³	Zpt mm ³	In mm ⁴	Znc mm ³	Znt mm ³	10 mm perletakan 10 mm of bearing KN	Pertambahan per 10 mm Incrim. per 10 mm KN		Max KN	10 mm perletakan 10 mm of bearing KN	Pertambahan per 10 mm Incrim. per 10 mm KN	Max KN	
mm	kg / m ²	mm ²	38.6	15.4	0.511	13.15	0.309	10.21	10.73	0.425	3.76	0.99	8.11	15.01	1.14	19.19	
0.75	10.1	1241															

Catatan: I_p = momen inersia profil panel untuk daerah momen positif
 Notes: I_p = second moment of area of panel profile for positive moment regions
 I_n = I_d e m., untuk daerah momen negatif
 I_d e m. for negative moment regions
 Z_{nt} = I_d e m., puncak rusuk dalam daerah momen negatif (tegangan tarik)
 I_d e m. resistance moment, top of rib negative moment regions (tensile stress)
 Z_{nc} = I_d e m., dasar rusuk dalam daerah momen negatif (tegangan tarik)
 I_d e m. resistance moment, bottom of rib negative moment regions (tensile stress)
 Z_{pt} = I_d e m., puncak rusuk dalam daerah momen positif (tegangan tekan)
 I_d e m. top of rib positive moment regions (compressive stress)
 Z_{pn} = I_d e m., dasar rusuk dalam daerah momen positif (tegangan tekan)
 I_d e m. bottom of rib positive moment regions (compressive stress)

TABLE 2 : PRACTICAL DESIGN TABLE

TABEL 2 : TABEL PERENCANAAN PRAKTIS														
BONDER 0.75 MM	BENTANG GAUNDA DENGAN TULANGAN NEGATIF DOUBLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT													
	BENTANG MEMENUS DENGAN TULANGAN NEGATIF MULTIPLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT													
	200	300	400	500	600	750	1000	200	300	400	500	600	750	1000
TANG PENTANGGA PROPPING	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL. NEGATIF NEG. REINF. CM/M	TUL. NEGATIF NEG. REINF. CM/M	TUL. NEGATIF NEG. REINF. CM/M	TUL. NEGATIF NEG. REINF. CM/M	TUL. NEGATIF NEG. REINF. CM/M	TUL. NEGATIF NEG. REINF. CM/M	TUL. NEGATIF NEG. REINF. CM/M
	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75
TANPA PENTANGGA NO PROPS	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
SATU BARIS PENTANGGA ONE ROW PROPS	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
DUA BARIS PENTANGGA TWO ROW PROPS	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

CATATAN: - BEBAN MATI (BERAT SENDIRI BONDOK DAN PELAT BETON) SUDAH DIPERHITUNGKAN
 NOTES: - THE DEAD LOAD (MASS OF BONNET AND CONCRETE SLAB) ARE ALREADY CALCULATED.
 - BEBAN BERGUNA DALAM TABEL ADALAH JUMLAH BEBAN RUDAP DAN BEBAN BERANGKUS LAINNYA
 THE LUMPS IMPROVED LOAD IN THIS TABLE IS THE SUM OF LIVE LOAD AND OTHER PUSHING LOADS
 - MUTU BAJA TULANGAN U-48
 GRADE OF STEEL REINFORCEMENT U-48



P.T. GUNUNG GARUDA

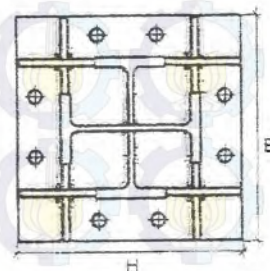
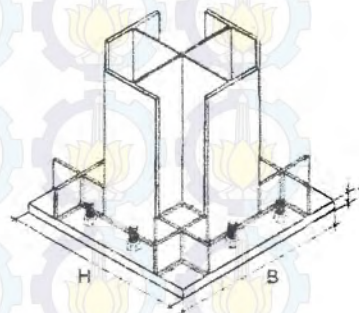
Steel Is Our Business

FIXED BASE PLATES

FOR KING CROSS

METRIC SIZE

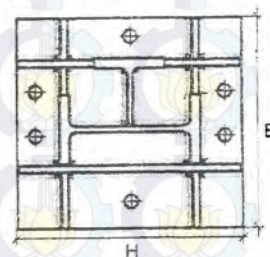
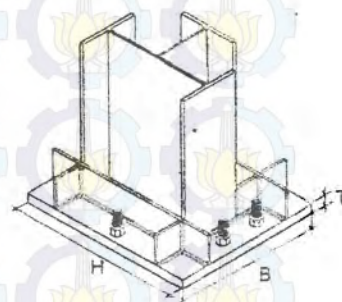
PART NO.	H	B	THICKNESS	WEIGHT	FOR COLUMN KING CROSS
	mm	mm	mm	kg	
BMK - 01	302	302	24	17.18	K - 150 x 75
BMK - 02	352	352	28	27.23	K - 200 x 100
BMK - 03	350	350	26	25.00	K - 198 x 99
BMK - 04	426	426	32	45.59	K - 250 x 125
BMK - 05	424	424	30	42.34	K - 248 x 124
BMK - 06	476	476	34	60.47	K - 300 x 150
BMK - 07	450	450	30	47.69	K - 298 x 149
BMK - 08	550	550	39	92.61	K - 350 x 175
BMK - 09	522	522	35	74.86	K - 346 x 174
BMK - 10	600	600	47	132.82	K - 400 x 200
BMK - 11	572	572	38	97.60	K - 396 x 199
BMK - 12	650	650	44	145.93	K - 450 x 200
BMK - 13	700	700	46	176.94	K - 500 x 200
BMK - 14	800	800	47	236.13	K - 600 x 200
BMK - 15	788	788	52	253.47	K - 588 x 300
BMK - 16	900	900	54	343.36	K - 700 x 300
BMK - 17	1000	1000	55	431.75	K - 800 x 300



FOR QUEEN CROSS

METRIC SIZE

PART NO.	H	B	THICKNESS	WEIGHT	FOR COLUMN QUEEN CROSS
	mm	mm	mm	kg	
BMQ - 01	302	265	22	13.82	Q - 150 x 75
BMQ - 02	376	326	27	25.98	Q - 200 x 100
BMQ - 03	374	325	25	23.85	Q - 198 x 99
BMQ - 04	450	388	31	42.49	Q - 250 x 125
BMQ - 05	424	362	29	34.94	Q - 248 x 124
BMQ - 06	500	425	34	56.72	Q - 300 x 150
BMQ - 07	474	400	30	44.65	Q - 298 x 149
BMQ - 08	550	463	37	73.96	Q - 350 x 175
BMQ - 09	522	436	33	58.96	Q - 346 x 174
BMQ - 10	600	500	41	96.56	Q - 400 x 200
BMQ - 11	596	498	38	88.54	Q - 396 x 199
BMQ - 12	650	525	43	115.19	Q - 450 x 200
BMQ - 13	700	550	45	136.00	Q - 500 x 200
BMQ - 14	800	600	47	177.10	Q - 600 x 200
BMQ - 15	788	644	51	203.17	Q - 588 x 300
BMQ - 16	900	700	54	267.06	Q - 700 x 300
BMQ - 17	1000	750	55	323.81	Q - 800 x 300



NOTES :

Material specification as per JIS G 3101 ; SS 400

TOLERANCE (mm)	
t	H, B
± 0.5	± 2

**HEAD OFFICE
AND FACTORY**

Imam Bonjol 4, Warung Bongkok, Suka Danau, Cibitung, Bekasi, West Java, INDONESIA
Phone : 62-21-8900111, Sales Dept. 62-21-8900666, ESC Dept. 62-21-4713000
Fax. 62-21-8900555, URL : <http://www.grdsteel.com>, E-mail : gunung@grdsteel.com

BORING LOG

PROJECT NAME : RETROFIT GEDUNG KANTOR GUBERNUR
 LOCATION : JL. JENDRAL SUDIRMAN PADANG
 GROUND LEVEL (GL) : - 0,30 m thd jl.kawasan.
 GROUND WTR LEVEL : - 2,60 m. GL.
 BOR No. : DB. 1
 DRILLER : Alamsyah
 DATE : 16 - 18 Maret '06

SCALE	DEPTH, M.	ELEVATION, M.	THICKNESS, M.	LOG SYMBOL	GENERAL SOIL DESCRIPTION	FIELD SAMPLING AND TESTING Depth Below Existing Ground Level in M.	N-1	N-2	N-3	N-VALUE	STANDARD PENETRATION TEST 10 20 30 40 50
1	0,60	0,60	0,60		Ungun: Lempung kelanauan, konsistensi sedang, coklat kemerahan.	1 1,00 ~ 1,50					
2	2,16		1,50		Lempung kelanauan/kepasiran, konsistensi sedang, abu-abu kekuningan dan hitam.	1 1,50 ~ 1,95	2	3	4	7	
3			2,10		Lanau kepasiran, konsistensi sangat teguh, abu-abu dan hitam titik putih.	2 3,00 ~ 3,45	5	11	17	28	
4	4,20		4,10		Pasir kasar campur gravels, sedikit lanau, padat, hitam titik putih.	3 4,50 ~ 4,95	8	16	24	40	
5	5,90		1,80		Lanau lempungan, konsistensi sangat teguh, abu-abu kecoklatan campur kuning.	4 6,00 ~ 6,45	5	8	13	21	
6	7,00		1,10		Lanau lempungan/kepasiran, konsistensi sedang, coklat kekuningan campur abu-abu.	2 7,00 ~ 7,50 6 7,50 ~ 7,95	2	3	4	7	
7	8,50		1,50		Lanau lempungan, konsistensi sangat teguh, abu-abu kekuningan titik hitam coklat.	6 9,00 ~ 9,45	5	8	14	23	
8	10,30		1,80		Lanau lempungan, konsistensi sangat teguh, coklat gelap campur organik.	7 10,50 ~ 10,95	3	4	7	11	
9	12,00		1,70		Lanau lempungan, konsistensi teguh, abu-abu kehitaman.	8 12,00 ~ 12,45	3	5	7	12	
10	13,40		1,40		Pasir bergradasi kasar kelanauan, padat hitam titik abu-abu dan kuning.	9 13,50 ~ 13,95	8	14	23	37	
11	14,60		1,20		Pasir bergradasi halus, sangat padat, mulai membatu, hitam.	10 15,00 ~ 15,31	11	28	51	>50	
12			3,20			11 16,50 ~ 16,66	32	51	-	>50	
13	17,80		1,70		Lanau lempungan, konsistensi keras, abu-abu kekuningan campur hitam.	12 18,00 ~ 18,45	8	15	23	38	
14	19,50		1,70		Lanau lempungan, konsistensi sangat teguh, abu-abu gelap campur coklat dan kuning.	13 19,50 ~ 19,95	4	7	9	16	
15	21,00		2,20			14 21,00 ~ 21,45	5	7	11	18	
16	22,00		2,20		Lanau lempungan, konsistensi sangat teguh, coklat gelap campur organik.	15 22,50 ~ 22,95	3	5	10	15	
17	23,60		1,60		Lanau lempungan, konsistensi sangat teguh, abu-abu kekuningan dan hitam.	16 24,00 ~ 24,45	6	11	15	26	
18	25,20		1,60		Lanau lempungan, konsistensi sangat teguh, abu-abu gelap campur coklat dan kuning.	17 25,50 ~ 25,95	5	10	13	23	
19	26,40		3,20			18 27,00 ~ 27,45	6	11	15	26	
20	28,40		2,00		Lanau lempungan, konsistensi sangat teguh, coklat kekuningan dan hitam.	19 28,50 ~ 28,95	4	10	14	24	
21	30,40		2,00			20 30,00 ~ 30,45	5	12	15	27	
22					Akhir Boring : 30,45 m. GL.						



PT. INDECO PRIMA
 Investigation, Design Consultants

Thin Wall Tube Sample (TW)
 Standard Penetration Test (SPT)
 Core Sample

No. : 5448032009

Fig.

BORING LOG

PROJECT NAME : RETROFIT GEDUNG KANTOR GUBERNUR
 LOCATION : JL. JENDRAL SUDIRMAN PADANG
 GROUND LEVEL (GL) : - 0,50 m thd p.kawasan.
 GROUND WTR LEVEL : - 2,40 m. GL.
 BOR No : DE.2
 DRILLER : Alamsyah
 DATE : 13 - 16 Maret '08

SCALE	DEPTH, M.	ELEVATION, M.	THICKNESS, M.	LOG SYMBOL	GENERAL SOIL DESCRIPTION	FIELD SAMPLING AND TESTING		STANDARD PENETRATION TEST						
						Depth Below Existing Ground Level in M.		N - VALUE						
						N - 1	N - 2	N - 3	N - VALUE	10	20	30	40	50
1	0.00	0.00	1.50		Urang Lempung kelanauan, konsistensi sedang, coklat kemerahan.	1	1.00 - 1.50							
2	2.30		2.30		Lempung kelanauan, konsistensi sedang - teguh, coklat kemerahan dan abu-abu campur kuning dan hitam.	1	1.50 - 1.85	2	3	5	8			
3			2.60		Lempung kelanauan, konsistensi teguh, abu-abu dan coklat kekuningan.	2	2.50 - 3.00	3	4	6	10			
4						2	3.00 - 3.45							
5	5.10					3	4.00 - 4.50	7	3	4	7			
6			3.40		Lanau kelepungan/lepasiran, konsistensi teguh - sangat teguh, abu-abu gelap bintik kuning.	4	6.00 - 6.45	3	4	8	12			
7						5	7.50 - 7.95	5	7	11	18			
8	8.50					6	9.00 - 9.45	7	13	19	32			
9			1.80		Lanau kelepungan, konsistensi keras, abu-abu gelap kehijauan.	7	10.50 - 10.95	4	7	9	16			
10	10.30					8	12.00 - 12.45	6	8	11	19			
11			2.80		Lanau kelepungan konsistensi sangat teguh, abu-abu gelap campur kuning.	9	13.50 - 13.81	8	26	71	>50			
12						10	15.00 - 15.16	31	51	-	>50			
13	12.10					11	16.50 - 16.60	26	81	-	>50			
14			4.00		Pasir bergradasi kasar campur gravels dan sedikit Lanau, sangat padat, hitam.	12	18.00 - 18.45	5	8	12	20			
15						13	19.50 - 19.95	4	9	14	23			
16	18.00		2.00		Lanau kelepungan, konsistensi sangat teguh, abu-abu kecoklatan campur kekuningan dan hitam.	14	21.00 - 21.45	6	7	10	17			
17						15	22.50 - 22.95	5	8	12	20			
18	20.80		6.40		Lanau kelepungan, konsistensi sangat teguh, abu-abu gelap kehijauan campur kuning.	16	24.00 - 24.45	4	7	11	18			
19						17	25.50 - 25.95	6	10	14	24			
20	26.00					18	27.00 - 27.45	5	10	16	26			
21			4.45		Lanau kelepungan, konsistensi sangat teguh, abu-abu gelap campur coklat dan kuning.	19	28.50 - 28.95	3	9	12	21			
22						20	30.00 - 30.45	4	10	10	20			
23	30.45													
24														
25														
26					Akhir Boring : 30,45 m.G.L.									
27														
28														
29														
30														
31														
32														
33														

PT. INDECO PRIMA

Investigation, Design Consultants

Thin Wall Tube Sample (TW)

Standard Penetration Test (SPT)

Core Sample

No. 5448032009

Fig



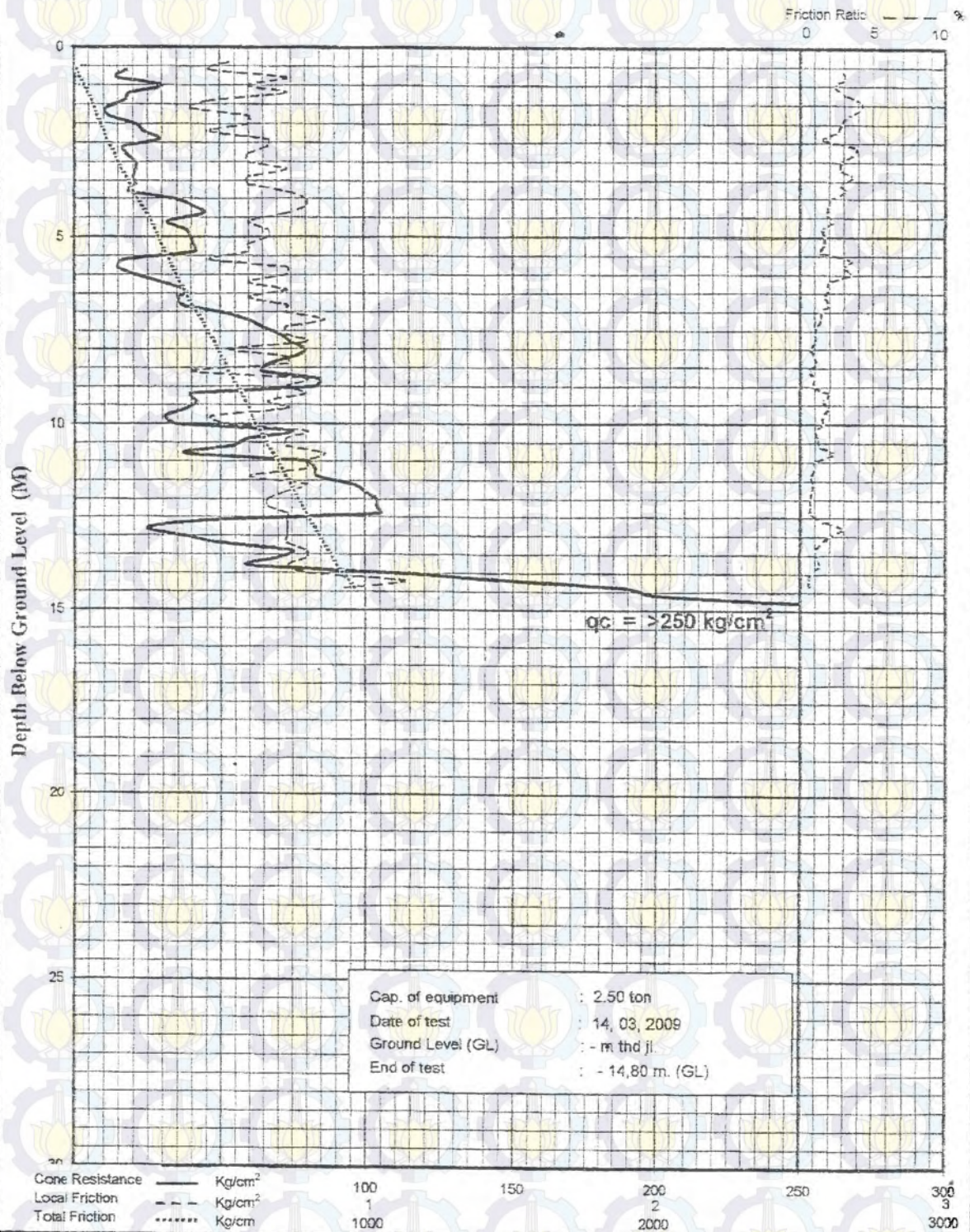
PT. INDECO PRIMA
Investigation, Design Consultants

- Thin Wall Tube Sample (TW)
- Standard Penetration Test (SPT)
- Core Sample

No. 5448032009

Fig

DUTCH CONE PENETRATION TEST

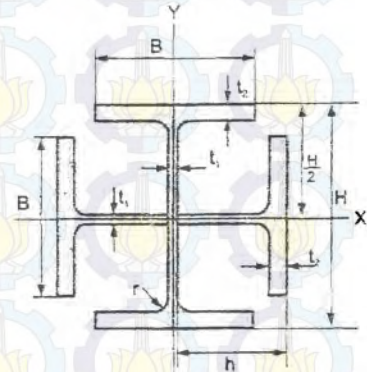
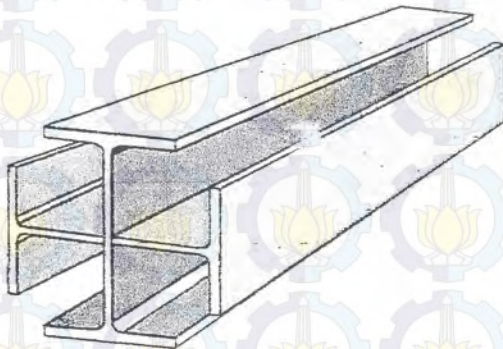


PT. INDECO PRIMA
 Investigation, Design Consultants

RETROFIT GEDUNG KANTOR GUBERNUR
JL. JENDRAL SUDIRMAN PADANG

Test : S. 4

No.: 54486032009



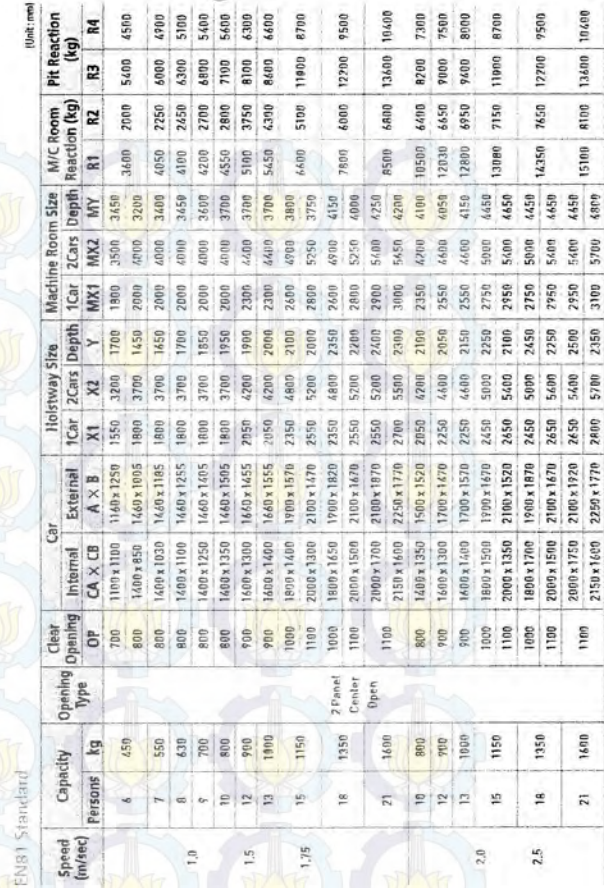
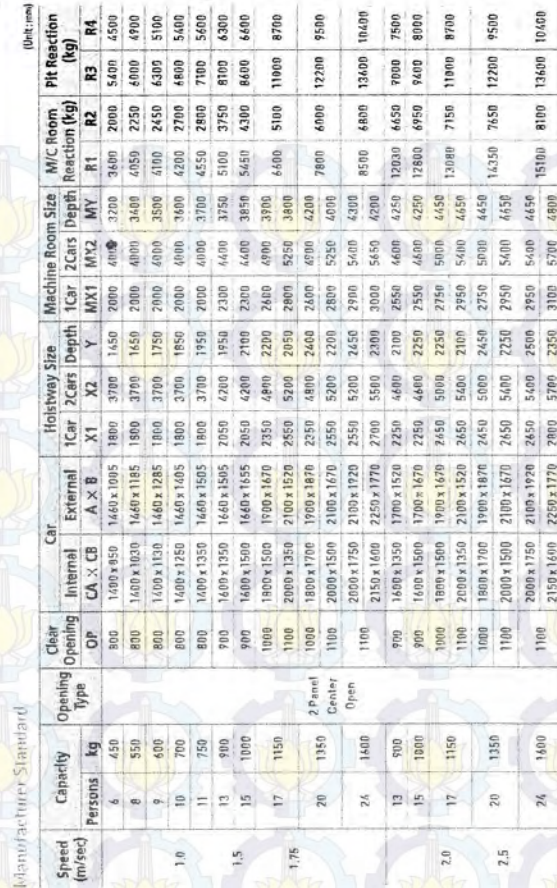
METRIC SIZE

STANDARD SECTIONAL DIMENSION						SECTIONAL AREA A	UNIT WEIGHT kg/m	INFORMATIVE REFERENCE					
SECTION INDEX	DEPTH OF SECTION	FLANGE WIDTH	THICKNESS		CORNER RADIUS			GEOMETRICAL MOMENT OF INERTIA		RADIUS OF GYRATION OF AREA		MODULUS OF SECTION	
	H	B	WEB t1	FLANGE t2	r			ix	Iy	ix	Iy	Zx	Zy
mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ⁴	cm	cm	cm ³	cm ³
K 150 x 75	150	75	5.0	7	8	35.70	28.0	716	767	4.48	4.64	95.4	99.1
K 200 x 100	200	100	5.5	8	11	54.32	42.6	1,974	2,095	6.03	6.21	197.4	203.9
K 198 x 99	198	99	4.5	7	11	46.36	36.4	1,694	1,778	6.04	6.23	171.1	175.6
K 250 x 125	250	125	6	9	12	75.32	59.2	4,344	4,567	7.59	7.79	347.5	356.9
K 248 x 124	248	124	5	8	12	65.36	51.4	3,785	3,924	7.59	7.75	303.6	310.2
K 300 x 150	300	150	6.5	9	13	93.56	73.4	7,718	8,073	9.08	9.29	514.5	526.9
K 298 x 149	298	149	5.5	8	13	81.80	64.0	6,762	7,024	9.10	9.28	453.8	462.9
K 350 x 175	350	175	7	11	14	126.28	99.2	14,554	15,128	10.75	10.95	831.7	847.5
K 346 x 174	346	174	6	9	14	105.36	82.8	11,892	12,321	10.62	10.62	687.4	700.0
K 400 x 200	400	200	8	13	16	168.24	132.0	25,440	26,519	12.30	12.55	1,272.0	1,299.9
K 396 x 199	396	199	7	11	16	144.32	113.2	21,450	22,267	12.19	12.19	1,083.3	1,105.1
K 450 x 200	450	200	9	14	18	193.52	152.0	35,370	36,851	13.52	13.52	1,572.0	1,605.7
K 500 x 200	500	200	10	16	20	228.40	179.2	49,940	52,189	14.79	15.17	1,997.6	2,046.6
K 600 x 200	600	200	11	17	22	268.80	212.0	79,880	83,229	17.24	17.24	2,662.7	2,724.4
K 588 x 300	588	300	12	20	28	385.00	302.0	127,020	132,585	18.16	19.16	4,320.4	4,419.5
K 700 x 300	700	300	13	24	28	471.00	369.7	211,800	220,791	21.21	21.65	6,051.4	6,193.3
K 800 x 300	800	300	14	26	28	534.80	419.8	303,700	315,027	23.83	24.27	7,592.5	7,740.2

NOTE :

- $h = H/2$ = height of T-Beam.
- Tolerance, $h = \pm 2$ mm.
- Material specification refer to Wide Flange Shape.
- Welded specification as per AWS E - 6013.
- K 700 x 300 and K 800 x 300 are made from IWF import.

THE
NEW
YORK
PUBLIC
LIBRARY



3. Machine room temperature should be maintained within the range of 15°C to 30°C. Machine room temperature should be increased 200mm should be requested double isolation pool machine room height.

Load (kg)	450 ~ 1000		1150 ~ 1600		M/C Room Height (Mlt)
	Speed (m/sec)	Overhead (Oh)	Pit Depth (Pl)	Overhead (Oh)	
1.0	1.0	4200	1300	4200	2200
1.5	1.5	4600	1600	4600	2400
1.75	1.75	4500	1500	4500	2400
2.0	2.0	4700	1900	4700	2600
2.5	2.5	5000	2200	5000	2600

BIODATA PENULIS



Santi Nuraini

Lahir di Bandung, Jawa Barat pada tanggal 11 Desember 1992, merupakan anak ke-4 dari 5 bersaudara dari pasangan Asep Supriatna dan Enung Rohmah.

Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Cincin 3 Soreang, SMPN 1 Margahayu, dan SMAN 1 Margahayu. Kemudian penulis melanjutkan studinya di D3 Politeknik Negeri Bandung Jurusan Teknik Sipil dan lulus pada tahun 2013.

Selanjutnya pada tahun 2014 penulis melanjutkan pendidikan sarjananya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Jurusan Teknik Sipil (FTSP-ITS) Surabaya melalui Program Lintas Jalur dan terdaftar dengan NRP. 3113106048. Penulis adalah Mahasiswa Program Sarjana (S1) dengan bidang Studi Struktur.

Email : santinuraini1992@gmail.com